淡水浮游生物研究方法

章宗涉　黄祥飞　编著

科学出版社

ISBN 7-03-001038-8

Q·157

定价：9.20元

淡水浮游生物研究方法

章宗涉　黄祥飞　编著

科学出版社

1995

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

淡水浮游生物的调查研究对水生生物学、渔业、水环境保护等以及科研教学和实际应用都有很大意义。

本书内容包括浮游植物和浮游动物的基本生态、形态描述、分类鉴定、定量测定、数据的统计处理等，既介绍一般理论基础知识，又着重介绍各种方法的具体应用。有关定量方法，除介绍改进的常用方法外，还介绍了国内外一些先进方法。

本书还附有常用工具和试剂等。全书共 36 万字，近 390 幅图。

本书可供从事我国水生生物学、渔业、环境保护等方面研究的科技工作者阅读，也可作为有关专业的教学参考书。

淡水浮游生物研究方法
章宗涉　黄祥飞　编著
责任编辑　董　明　吴锦文
科学出版社出版
北京东黄城根北街 16 号
邮政编码：100717
湖北省测绘队地图印刷厂印刷
科学出版社发行　各地新华书店经销
*
1991 年 8 月武汉第一版　开本：850×1168　1/32
1995 年 3 月第二次印刷　印张：13 1/2
印数：5 001－6 000　字数：360 000
ISBN 7-03-001038-8/Q・157
定价：9.20 元

前　言

我国淡水水体数目多、面积广、类型多种多样，在国民经济中具有重要的地位。对各类水体中浮游生物的调查研究，在推动水生生物学及其相关学科的发展，在解决渔业生产、水资源开发、水环境保护等实际问题中都具有重要的意义。

1956 年，中国科学院水生生物研究所编写的《湖泊调查基本知识》一书，介绍了湖泊调查方法，包括浮游植物和浮游动物的调查方法，许多年来一直被作为这方面的工作指南，起过很大的作用。但该书出版至今已有 30 多年，在此期间，浮游生物调查研究工作在国内有了很大进展，在调查研究方法方面有了不少改进和提高，国际上也出现了许多新的方法和手册。为了适应本学科科研和生产的发展，我国迫切需要一本全面和综合的手册。但迄今，只有就某一生物门类、某一方面或某些方法的论著或零星报道，却没有一本把浮游生物的各个门类，定性和定量研究的各个方面，以及国内外广泛应用的较新方法全面综合起来的实用性手册，可以作为有关专业人员在开展浮游生物调查研究时的主要参考资料。

有鉴于此，我们编写了本书以满足读者的需要。在编写中，我们遵循了下列原则，尽力使本书具有以下特点。

一、尽量吸收国内外的先进经验和方法。我们参考了国外近年来的一些专门资料，如《国际生物学规划》的手册、一些专业会议的论文集和专家的著作和论文，也参考了国内的与浮游生物调查研究有关的分类专著、调查规范和论文。

但是，我们主要还是从我国情况出发的。在分类鉴定方面，我们更多采用我国的系统，介绍我国的种类；在选择方法方面，力求

准确、简单、实用；所用的仪器工具立足于国内，也就是既考虑到先进性，又考虑到实用性。

二、既适当说明原理、讲明道理，更着重介绍实际操作步骤，做到深入浅出，简单明了，阅读后就可操作，开展工作。因此，除了本书的主要部分——浮游生物的定性和定量方法外，还简要介绍了一些生态知识、生物统计知识。

三、浮游生物的调查研究首先要建立在正确的种类鉴定的基础上。本书的分类检索部分按大门类列出分属检索表，不采取按分类单位（门、纲、目、科、属）逐级分类检索而直接到属，而一些常见和重要属则另列出分种检索表。同时检索表和图一起排列，便于对照。这样，对一般的分类鉴定是较为方便的。

检索表中基本上包括了我国的常见属种，个别特殊种类读者可再查阅其他的专门分类著作。

四、与其他学科一样，定量化是当前水生生物调查研究的发展方向。本书包括了最常用的浮游生物定量方法，如数量、重量、叶绿素、初级生产量和次级生产量等。对一般调查研究来说，这些指标和方法已足够了。

这些指标和方法大多是我国已广泛采用的，为了资料的连续性，我们尽量选用。有一些在我国开展尚不多，但我们觉得今后应该开展的内容也列入了本书中。

由于本书是一本偏于普及性的实用手册，因此一些较专门性的、较复杂的、目前我国尚不能普遍采用的方法没有加以介绍。

浮游生物调查研究的领域很多，涉及面宽广。我们在编写过程中引用、参考了其他论著才得以顺利完成了编写任务。限于篇幅，我们在书中并没有注明出处，谨向这些论著的作者表示歉意和谢意。我们收集和参考的资料还很不够，有很多好的经验和方法可能没有吸收和采用；有一些方法是我们通过自己的工作实践提出的，可能有不妥和错误之处。我们希望有关专家和读者提出批评、建议和改正意见。

在编写过程中，得到许多同志的支持和帮助，郑英、章敏同志

协助复墨插图，在此谨向她们表示深切的谢意。

我们希望本书对我国从事水生生物学、水产养殖学、环境保护学的科研、生产和教学的人员有所帮助，对推动这方面的科研、生产和教学起到一定的作用。

编　者

1989 年春

目　录

前　言

第一章　浮游生物调查研究的意义 …… 1

第一节　浮游生物的定义 …… 1

第二节　浮游生物的研究简况 …… 3

第三节　浮游生物在淡水生态系统中的作用 …… 4

第四节　浮游生物研究的实践意义 …… 5

一、渔业方面 …… 5

二、水污染防治方面 …… 6

三、其他方面 …… 7

第二章　浮游生物生态 …… 8

第一节　浮游生物和无机环境的关系 …… 8

一、日光 …… 8

二、温度 …… 8

三、无机盐 …… 9

四、溶氧量 …… 10

五、水的运动 …… 10

第二节　浮游生物和有机环境间的关系 …… 10

一、浮游植物之间的相互关系 …… 11

二、浮游植物和浮游动物间的相互关系 …… 11

三、浮游生物和鱼类间的相互关系 …… 11

第三节　浮游生物的季节变化 …… 12

一、种类和数量的季节变化 …… 12

二、形态的季节变异 …… 14

第四节　浮游生物的水平分布和垂直分布 …… 15

一、水平分布 …… 15

二、垂直分布 …… 16

第三章　浮游植物的形态特征及分类 …… 18

第一节　藻类的基本特征 …… 18

第二节　藻类的细胞结构…… 19
一、细胞壁…… 19
二、核…… 20
三、色素和色素体…… 21
四、贮藏物质…… 22
五、液泡…… 24
六、鞭毛…… 25
第三节　藻类的繁殖…… 25
一、营养（植物性）繁殖 …… 25
二、无性繁殖…… 26
三、有性繁殖…… 26
第四节　藻类的体型…… 28
一、根足型（变形虫型） …… 28
二、鞭毛型（游动型） …… 28
三、胶群体型（不定群体型） …… 29
四、球胞型（不游动型） …… 29
五、丝状体型…… 31
六、薄壁组织型…… 32
七、多核体型…… 32
第五节　藻类植物的分门……
第六节　蓝藻门…… 34
一、分属检索表…… 36
二、重要属的分种检索…… 44
（一）平裂藻属 …… 44
（二）微囊藻属 …… 45
（三）螺旋藻属 …… 47
（四）颤藻属 …… 48
（五）席藻属 …… 50
（六）鱼腥藻属 …… 51
第七节　隐藻门…… 52
一、分属检索表…… 53
二、重要属的分种检索…… 55
（一）蓝隐藻属 …… 55

（二）隐藻属 …… 55
第八节 甲藻门 …… 56
分属检索表 …… 57
第九节 金藻门 …… 59
一、分属检索表 …… 60
二、重要属的分种检索 …… 66
（一）鱼鳞藻属 …… 66
（二）锥囊藻属 …… 67
第十节 黄藻门 …… 68
一、分属检索表 …… 69
二、绿胞藻纲 …… 71
第十一节 硅藻门 …… 72
一、分属检索表 …… 76
二、重要属的分种检索 …… 87
（一）直链藻属 …… 87
（二）小环藻属 …… 89
（三）等片藻属 …… 90
（四）脆杆藻属 …… 91
（五）针杆藻属 …… 93
（六）辐节藻属 …… 94
（七）舟形藻属 …… 96
（八）羽纹藻属 …… 101
（九）异极藻属 …… 104
（十）桥弯藻属 …… 106
（十一）窗纹藻属 …… 111
（十二）菱形藻属 …… 112
（十三）双菱藻属 …… 114
（十四）曲壳藻属 …… 116
第十二节 裸藻门 …… 118
一、分属检索表 …… 119
二、重要属的分种检索 …… 126
（一）裸藻属 …… 126
（二）扁裸藻属 …… 131

（三）囊裸藻属…… 137
第十三节　绿藻门 …… 144
一、绿藻纲分属检索表 …… 145
二、接合藻纲分属检索表 …… 171
三、重要属的分种检索 …… 179
（一）衣藻属…… 179
（二）团藻属…… 182
（三）弓形藻属…… 183
（四）多芒藻属…… 185
（五）小球藻属…… 185
（六）顶棘藻属…… 186
（七）四角藻属…… 187
（八）纤维藻属…… 189
（九）卵囊藻属…… 191
（十）胶网藻属…… 192
（十一）盘星藻属…… 193
（十二）栅藻属…… 194
（十三）十字藻属…… 196
（十四）空星藻属…… 197
（十五）刚毛藻属…… 198
（十六）丝藻属…… 199
（十七）毛枝藻属…… 202
（十八）水绵属…… 203
（十九）角星鼓藻属…… 209
（二十）鼓藻属…… 220
第四章　浮游动物的形态特征及分类检索…… 232
第一节　原生动物 …… 232
一、一般特征 …… 232
（一）形态…… 232
（二）营养…… 233
（三）呼吸…… 233
（四）排泄…… 233
（五）生殖…… 233

（六）生态与分布…… 234
二、分类 …… 234
（一）肉足总纲…… 235
（二）纤毛亚门…… 240
第二节 轮虫 …… 252
一、一般特征 …… 252
（一）外形…… 253
（二）内部构造…… 254
（三）繁殖与生活史…… 256
（四）生态与分布…… 256
二、分类 …… 258
（一）分属检索表…… 259
（二）常见属的分种检索…… 269
第三节 枝角类 …… 288
一、一般特征 …… 288
（一）外形…… 289
（二）内部构造…… 290
（三）发育和生长…… 291
（四）生态与分布…… 292
二、分类 …… 292
（一）分属检索表…… 293
（二）常见属的分种检索…… 300
第四节 桡足类 …… 316
一、一般特征 …… 316
（一）外形…… 316
（二）发育与生长…… 317
（三）生态与分布…… 318
二、分类 …… 321
（一）哲水蚤目科、属、种的检索表…… 322
（二）剑水蚤目属、种的检索表…… 327
第五章 浮游植物现存量和生产量的测定方法…… 333
第一节 浮游植物数量的测定方法 …… 333
一、水样的采集 …… 333

（一）采集工具…… 333
（二）采水量…… 334
（三）采样点设置和采样频率…… 334
（四）采样层次…… 334
二、水样的固定 …… 334
三、沉淀和浓缩 …… 335
四、计数 …… 336
（一）计数框行格法…… 336
（二）目镜视野法…… 336
（三）目镜行格法…… 337
（四）计数时的注意事项…… 337
五、计算结果 …… 338
六、倒置显微镜计数法 …… 339
第二节　浮游植物重量的测定方法 …… 340
一、水样的采集、固定、浓缩和计数 …… 340
二、体积的测定 …… 340
三、生物量的计算 …… 344
第三节　浮游植物叶绿素的测定方法 …… 345
一、水样的采集 …… 345
二、水样的保存 …… 345
三、抽滤 …… 346
四、提取 …… 346
五、离心 …… 347
六、光密度测定 …… 347
七、计算结果 …… 347
第四节　浮游植物初级生产量的测定 …… 348
一、黑白瓶测氧法 …… 349
（一）采样…… 349
（二）曝光…… 350
（三）溶氧测定…… 351
（四）计算结果…… 351
（五）模拟法…… 352
二、放射性同位素^{14}C法 …… 353

（一）标记化合物“工作液”的制备…… 353
（二）采样…… 354
（三）加入标记化合物…… 354
（四）曝光…… 354
（五）过滤…… 354
（六）放射性测定…… 355
（七）细胞外排泄物的测定…… 355
（八）计算结果…… 356
第六章　浮游动物现存量和次级生产量的测定方法…… 358
第一节　现存量的测定方法 …… 358
一、采集 …… 358
二、沉淀和滤缩 …… 360
三、计数 …… 360
四、体重的测定方法 …… 362
第二节　次级生产量的测定方法 …… 371
一、基本原理 …… 371
二、不同发育阶段发育时间的测定 …… 372
（一）胚胎发育时间…… 372
（二）胚后发育时间…… 375
三、出生率、死亡率和增长率 …… 377
四、计算方法 …… 379
（一）轮虫生产量的计算方法…… 379
（二）甲壳动物生产量的计算方法…… 382
第七章　采样设计和数据处理的若干生物统计方法…… 388
第一节　生物统计的基本概念 …… 388
一、总体与样本 …… 388
二、集中性指数 …… 388
三、离散指数 …… 389
四、正态分布与二项分布 …… 390
第二节　采样设计 …… 390
一、采样的基本概念 …… 390
二、采样误差的估计 …… 392
三、样本平均数的标准差和置信区间 …… 392

四、样本的含量 …… 393
第三节 均数差异显著性检验——t 检验 …… 394
一、非配对试验两个样本平均数差异显著性检验 …… 394
二、配对试验两个样本平均数差异显著性检验 …… 397
第四节 χ^2（卡方）检验 …… 399
一、意义及原理 …… 399
二、适合性检验 …… 400
第五节 回归与相关 …… 400
一、标准直线回归方程 …… 401
二、回归系数的计算及回归直线的绘制 …… 401
三、回归关系的显著性检验 …… 402
附录 …… 406
一、采水器 …… 406
二、固定液 …… 406
三、浮游生物大小的测量工具及测量方法 …… 407
四、硅藻壳体标本处理方法 …… 409
五、常用藻类培养基 …… 410
六、常用浮游动物培养基 …… 411
七、浮游生物网的筛绢型号和网孔孔径 …… 412
主要参考文献 …… 413

第一章　浮游生物调查研究的意义

第一节　浮游生物的定义

地球表面面积的70.8%是被水覆盖的，其中2%为淡水，其余为海水。这些有水聚集的地方统称为水体。水体有各种类型——江河、溪沟、湖泊、池塘、沼泽、水库、海洋等。它们分布在地球的各个地区，具有不同的水文、形态特征。

水体是地球上生命的发源地，是各种水生生物生活和繁殖的重要场所，与人类的生产、生活有着极为密切的关系。

几乎所有水体中都有种类繁多的生物生存。在全世界现有的33个植物纲中，水中有18个纲的代表种类，而在63个动物纲中，60个纲在水体中出现。这些水生生物在水体中占有各自的栖息生境，具有一定的生态习性。从它们的生态特点来划分，可分为几个大生态类群：浮游生物、游泳生物、底栖生物、漂浮生物、着生生物等。本书要介绍的就是浮游生物这一生态类群的调查研究方法。

浮游生物（plankton）是悬浮生活在水中的水生生物。它们或者完全没有游动能力，或者游动能力微弱，不能作远距离的移动，也不足以抗拒水的流动力，因此只能被动地“随波逐流”。它们的身体都很微小，要借助显微镜才能观察到。它们的形态结构千姿百态，五光十色。

悬浮在水中的生物很多，在分类上属于不同门类，有细菌、真菌、藻类、原生动物、腔肠动物、轮虫、甲壳动物等。

细菌、真菌等由于调查研究方法特殊，一般看作特殊的一个类群而不包括在浮游生物调查中；另外介形虫、腔肠动物、花粉等，只偶而少量出现在浮游生物群落中，也较少引起注意。通常把浮游生物分为浮游植物和浮游动物两大类。前者指浮游藻类，后

者包括原生动物、轮虫、枝角类和桡足类。

浮游生物按其营浮游性生活方式的性质或程度又可分为真性浮游生物（euplankton）、假性浮游生物（pseudoplankton）和阶段性浮游生物（meroplankton）。真性浮游生物又称终生浮游生物（holoplankton），它们的整个生活史都是在水中以悬浮方式完成的。阶段性浮游生物，又称兼性浮游生物（facultative plankton），它们在生活史的某个阶段不是营浮游生活方式的，如某些藻类在某个季节在水底部休眠或者有性生殖形成的合子沉在水底。假性浮游生物，或称偶然性浮游生物（tychoplankton），它们不是真正的浮游生物，而是着生、底生甚至陆生生物，因水、风或其他因素被吹冲脱落到水层中，而混杂在浮游生物中被采到。

浮游生物虽然体型都很小，但还是有一定范围的大小差别。所以可按照浮游生物的大小来划分为不同等级。划分等级的标准和名称不尽相同。最初只分为两级：微型浮游生物（nannoplankton 或 nanoplankton）和网采浮游生物（net plankton）。以后等级分得更细，提出超微型浮游生物（ultraplankton 或 μ-plankton）、小型浮游生物（microplankton）、中型浮游生物（mesoplankton）、大型浮游生物（macroplankton）和巨型浮游生物（megaplankton 或 megaloplankton）。各种名称有时也相互混用。

网采浮游生物是指可用浮游生物网捞取到的，而可从网目中通过的则为微型浮游生物。但因使用的浮游生物网的网目直径不一样，划分的标准也就不同。国外较多用 20 微米，但有人认为是 10 微米，有人认为是 30 或 35 微米，还有 50 微米、64 微米、80 或 110 微米等。

如以我国常用的 25 号网为划分标准，则大于 50 微米的是网采浮游生物。表 1-1 是关于各类浮游生物的一般大小划分标准和代表类群，供作参考。

此外，还可根据浮游生物的生活水体划分为湖泊浮游生物（limnoplankton）、池塘浮游生物（heleoplankton）和河流浮游生物（potamoplankton）。

表 1-1　各类浮游生物的大小划分和代表类群

类　别	大　小	代表类群
超微型浮游生物	小于 2 μm	细菌及少数藻类
微型浮游生物	2—20 μm	许多浮游植物及部分原生动物
小型浮游生物	20—200 μm	许多浮游植物及浮游动物
中型浮游动物	200—2 000μm	甲壳动物及部分轮虫
大型浮游生物	大于 2 mm	大型甲壳动物及腔肠动物
巨型浮游生物	大于 1 cm	水　母

第二节　浮游生物的研究简况

19 世纪初，就有人用细孔网采取水中的微小生物进行观察。1887 年，德国学者汉逊（V. Hensen）专门设计了一种网具，对海洋中的微小生物进行定量的观察，并提出了浮游生物这一名词，开创了浮游生物调查研究的新阶段，被认为是浮游生物学研究的奠基者。以后，各国组织了许多考察队，建立了不少定位工作站，对各种类型的水体的浮游生物进行了大量区系分类，特别是生态方面的工作，出版了许多专门著作、报告和论文。

最近几十年，由于科学的发展、实践的需要，世界各国对浮游生物的研究更为广泛和深入。国际性的合作研究——国际生物学研究规划（IBP），对水体进行了全球性的综合性的研究，特别在方法学上取得了许多成果，并出版了一套方法手册，其中包括了浮游生物的调查研究手册。其后“人与生物圈”（MAB）研究规划开始实施，主要任务是如何合理利用和管理资源，以及保护人类的环境，对水体浮游生物学的研究也起了很大促进作用。

淡水浮游生物的调查研究在我国从本世纪 20 年代起就有一些工作，解放以后更有蓬勃的发展。30 多年来，在全国范围内展

开了大规模的各种类型水体的生物学调查，浮游生物调查是主要内容之一。这些工作大多是结合水产资源利用、人工养殖以及湖泊营养类型和生物生产力研究的需要而开展的。近年来，结合环境保护，水利建设等方面的浮游生物调查进展迅速，在不少水体建立了长期的定位观察，对青藏、云贵、内蒙古、新疆等边远地区的许多类型的水体也都取得了浮游生物调查资料。

目前，从事淡水浮游生物研究的单位遍布全国，如中国科学院的有关研究所，中国水产科学研究院的水产研究所，中国环境科学院及各地区环保研究所和监测站，各水产、农业和海洋院校，以及其他综合性大学的有关专业等。

可以预期，今后浮游生物的调查研究将进一步发展和深入，并在我国现代化建设的各个方面显示其重要的作用。

第三节　浮游生物在淡水生态系统中的作用

与其他生态类群的水生生物相比，浮游生物虽身体微小，但数量却极多，代谢活动强烈，因此在生态系统中起着极重要的作用。

浮游植物通过光合作用固定太阳能，制造其他生物所需要的有机物质，因此被称为生产者（producer）。这个生产过程是水生态系统运转的能源提供者，是生态系统整个生产过程的最初和基础环节，因此被称为初级生产过程。在大多数水体中，浮游植物是主要的生产性生物，因此，一个水体生物生产力的大小往往决定于浮游植物初级生产力的高低。它们位于水体食物链的第一环节，是浮游动物和其他水生动物的食物，它们的种类和数量变动与吞食它们的生物的种群数量，与一些环境要素的变化都有着密切的关系。所以在研究生态系统的结构和功能时，浮游植物是必不可少的一个基本环节。

浮游动物是位于食物链前端的消费者（consumer）。它们有的以浮游植物为食物，有的以细菌、碎屑为食物，而它们本身又是其他水生生物的食物。浮游动物还通过排泄和分泌作用，在有机

物质的分解和循环方面起着很大的作用。

浮游生物对许多物质，特别是外来的污染物质的敏感性以及积累、转移作用，也使它们在研究物质对生态系统的生态毒理影响和生态系统的演替、稳定性等方面具有重要的地位。

第四节　浮游生物研究的实践意义

从上述浮游生物调查研究的历史可以看到，浮游生物调查从一开始就具有明显的生产实践目的。汉逊调查浮游生物，主要是为了弄清海洋鱼类的资源量。随着工农业生产的发展，以及保护资源和人类环境的需要，浮游生物研究的应用目的性也越来越强。概括起来，它的实践意义有以下几个方面。

一、渔业方面

（一）浮游生物资源的直接利用

某些浮游生物是可以作为水产资源直接利用的。例如，大型浮游枝角类可加工成观赏鱼类的商品饵料，丰年虫可作为许多人工养殖对象的商品饵料，海洋中的水母（海蜇）、毛虾更是人们熟知的水产品，一些海洋浮游桡足类和糠虾可制作虾酱，某些浮游藻类，如螺旋藻在非洲是当地居民的食品，单细胞藻类可作为未来的蛋白质来源。

（二）水体生产性能和潜力的评价

长期以来，浮游生物的种类、数量、生产量是评价水体的营养类型和生产潜力的重要指标。我国池塘养殖水体的“肥、瘦”主要也是根据浮游生物的种、量来判断的。

（三）放养指标的确定

在湖泊、水库和池塘的人工放养时，根据我国以放养滤食浮游生物的鲢、鳙鱼为主的特点，对于按照浮游生物的种、量来确

定放养什么鱼类、放养的数量和比例等方面，进行了大量的工作，并收到了很好的效果。

通过施肥等方法，提高浮游生物数量，或者通过人工培养浮游生物，来为鱼类或其他生物提供更多的适口食料。

二、水污染防治方面

（一）水质评价

浮游生物广泛地被应用于评价和监测水质，例如各种指示生物，指数，群落结构和功能，体内残毒量等。

如在河流的有机物污染方面，早已提出了各种污染的指示生物，其中许多种类是属于浮游生物种类。

在富营养化评价时，浮游植物的调查占有重要的地位，“水华”或“赤潮”的观察和研究已有长远的历史。

对重金属、农药和其他污染，不少浮游生物都较敏感，可用于评价。

（二）生物测试

由于浮游生物对一些污染物的敏感性以及它们在水生态系统中的重要性，在了解污染物对水环境的影响，制订水质标准或污水排放标准时，常常选择浮游生物中的一些种类作为生物测试的材料。

（三）污水处理

污水生化处理中，根据活性污泥或滤膜上的浮游生物种类和数量来判断活性污泥或滤膜的活性和处理效果，应用相当广泛，也比较简便和正确。

浮游生物在污水处理当中也能发挥作用。如氧化塘就是利用藻—菌共生系统净化污水。浮游动物能大量吞食细菌和碎屑，也对改进水质有作用。一些浮游生物能大量浓缩积累某些污染物质，也可应用于污染治理。

三、其他方面

在给水处理、水利工程的环境影响等方面，浮游生物的调查研究常起着不少的作用。在古湖沼学的沉积研究等方面，也常需要浮游生物的调查资料。甚至在法医检查死因、侦破案件时，有时也要借助于浮游生物的调查。

第二章　浮游生物生态

浮游生物之间，浮游生物和环境之间存在着十分密切的关系。浮游动物不能脱离浮游植物而生存，在这两者之间经常进行着能量和物质的交换。生物从环境中吸收新陈代谢所必需的营养物质；同时把代谢所产生的废物排出体外。环境在不断地变化着，生物为了生存，必须适应这多变的环境；而生物也通过自己的生命活动改变着环境。

第一节　浮游生物和无机环境的关系

一、日　光

光是浮游植物生存的必要条件。没有日光，光合作用便不能进行。光照的时间、光的强度都能影响浮游植物的代谢率，从而影响它的生长率和繁殖率。一般而论，在适宜的范围内，光照强度愈强，光照时间愈长，代谢愈快（图 2-1）。可是，光照太强，藻类便会死亡。在光的颜色方面，以红光对浮游藻类的生长、繁殖最重要。日光对浮游动物的影响，主要表现在垂直分布和昼夜垂直移动上，这在浮游甲壳动物表现得特别明显。

二、温　度

温度是影响代谢率的重要因素。通常来说，每增加 1℃，代谢率加快 10% 左右。不过最适温度（也就是代谢率最高温度）随种类而异，如果超过了最适温度，代谢率又复下降。

浮游藻类的光合作用速率和细胞分裂速度、浮游动物卵的发育时间，在一定的温度范围内，随温度升高而增加。可是生殖量（产卵量）和个体在低温下都较大。养在低温下的，性成熟较晚，寿命也较长；温度愈高，个体愈小，可说是浮游动物界的一个普

遍现象（表 2-1 和图 2-1）。

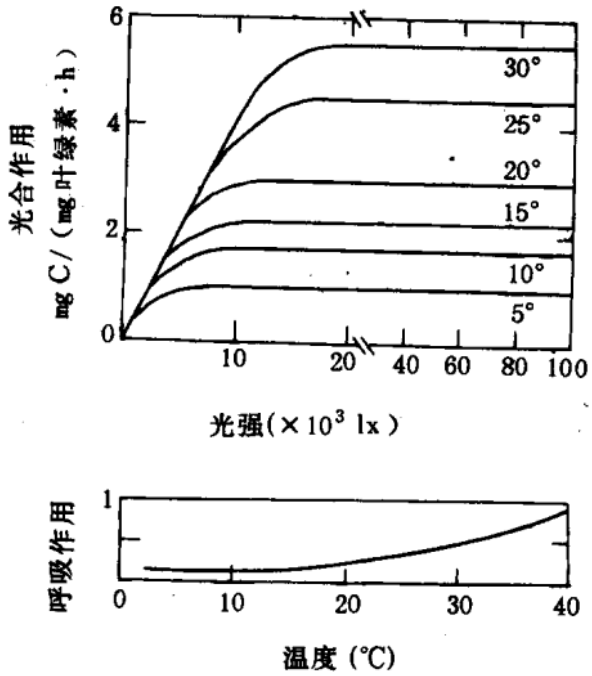


图 2-1　浮游藻类在不同光强和温度时的光合作用和呼吸作用

表 2-1　温度对透明溞生长和生殖的影响

温度（℃）	生殖率（每次产卵所需的平均天数）	生殖量（一生中所产幼溞的总数）	第一幼龄至第一成龄所需的时间(d)	最大体长 (mm)
15	5.02	490	7.9	3.02
20	2.78	452	4.3	2.90
25	2.08	194	3.8	2.52
30	1.88	96	3.3	1.77

三、无　机　盐

水中含有各种盐类，由于含盐量的不同，被分为淡水和盐水。水中含盐量的高低和盐类组成成分对浮游生物的生长、生活和分布有重要意义。浮游植物的生长需要营养，其中以磷和氮最为重要。这两种营养盐类往往决定着浮游植物产量的高低，也就间接

决定着浮游动物数量的多寡。除氮、磷外，碳、铁、锰和硅的含量也对浮游植物的生长有重要的影响。如缺乏镁，藻类便会逐渐变黄，最终失去颜色而死亡，可是镁的含量过多对某些藻类的生长也有抑制作用。因此，这些微量元素的含量必须适宜，过多或过少都不利于浮游植物的生长、繁殖。

四、溶 氧 量

氧是一切生物（除嫌氧细菌外）生存的必要条件。在小型水体中，溶氧量经常变化着，尤其在夏天变化更大、更快。这样，对浮游生物的呼吸生理的影响很大。例如，淡水溞类血液中血红素的含量，全是由水中溶氧量决定。如果溶氧量降低，血红素便会增加，使溞变为红色。因此，溞类的红色程度可作为池水溶氧量的标志，这在养殖业上具有重要意义。

五、水的运动

水的运动对浮游生物的生长和分布有重要的作用。由于浮游生物大都缺乏强的游动能力而营悬浮生活，除了它们本身的形态和生理上的适应能力外，水的运动就决定了它们的水平分布和垂直分布。同时水的运动还通过对营养物质传递、透明度和水温的变化等，对浮游生物的生长和分布有间接的影响。

第二节 浮游生物和有机环境间的关系

浮游生物和有机环境间的关系是错综复杂的。生物之间的相互关系主要表现在食物链方面。浮游植物所提供的食物能是通过生物的食物关系所构成的特定线路，即食物链进行传递的，每一条食物链由一定数量的环节组成，最短的包括两个环节，最长的也不过 4—5 环节。食物链愈短，或者离食物链的起点愈近，生物可利用的能量就愈多。水体中的食物链一般可分为两类：一类称牧食食物链，即从植物开始，经草食动物到肉食动物；另一类是

碎屑食物链，即从死亡的有机物质到分解者，然后到碎屑食性动物和它们的捕食者。食物链并不是独立存在的，而是相互交叉构成一种复杂的食物网。

一、浮游植物之间的相互关系

有些浮游植物种类能产生抑制其他种类生长的物质。如小球藻分泌的小球藻素能抑制菱形藻、衣藻和细菌的生长，而衣藻和栅藻分泌的物质又可抑制小球藻的生长。浮游植物之间在光和营养物质上也有着剧烈的竞争。

二、浮游植物和浮游动物间的相互关系

除少数肉食性浮游动物种类外，一般的浮游动物，尤其是甲壳动物主要依靠浮游植物为食。所以，在浮游植物丰富的水体中，滤食性浮游动物一般也较多。普遍认为浮游动物滤食浮游植物的效率不是决定于浮游植物的种类而是浮游植物的大小。浮游动物滤食颗粒的大小范围通常为 1—15 微米。滤食峰值在 2—5 微米之间。所以，当水体中大型藻类大量繁殖之际，由于食物不适口，浮游动物的数量反而下降。

三、浮游生物和鱼类间的相互关系

许多经济鱼类，特别是我国特有的鲢鳙都以浮游生物为食；不少经济甲壳动物，如各种蟹、虾类在幼虫期以硅藻、裸藻为食。浮游动物更是许多经济鱼类和甲壳动物的优质食物和开口饵料。可是，有些浮游植物，如蓝藻中的微囊藻的过度繁殖，可形成“水华”或称“湖靛”。鱼苗吞食了这些藻类，肠内常发生气泡。这样，鱼苗便不能自由游泳而漂浮在水面，最终死亡。

在湖泊中，大量蓝藻“水华”虽不致引起鱼类大量死亡，但有时会产生非常不利的影响。如武汉东湖湖湾，因有大量生活污水流入，水质极肥，在夏秋季节藻类大量孳生，虽可作为网箱中草食鱼的食物，但也曾招致网箱中鱼窒息而死。

第三节　浮游生物的季节变化

各种浮游生物对环境的要求并不一样。某一季节的环境条件对某些种类比较适宜，而对其他种类不很适应。因此，在某一个季节中出现了一些新的种类，同时也消失了一些旧的种类。不但各个季节中的种类组成不同，并且各种浮游生物的数量也有季节变化。各种藻类的大量繁殖需要的温度和营养盐类不同，所以硅藻的高峰常常出现在春季；而绿藻和蓝藻的高峰出现在夏季；浮游动物也因以浮游植物为食而有明显的季节变化。为了探索季节变化的原因，必须进行长期的逐月采集，还需测量各种理化环境因素。只有通过种类组成、数量变动和环境因素的综合研究才能掌握季节变化的规律。

一、种类和数量的季节变化

温带地区的各种水体，在秋后不但水温显著降低，水中营养物质的分解速度也减弱，在冰冻时，湖水的循环现象也逐渐减弱，在温暖季节生殖旺盛的浮游生物，有不少种类逐渐成为休眠状态，形成各种休眠孢子、休眠卵以渡过不良环境；另外一些种类虽没有产生休眠现象，但由于温度下降，繁殖率和出生率降低，种群数量锐减。当然有一些冷水性种类，在低温季节仍然大量繁殖，如某些甲藻、硅藻，轮虫中的前额犀轮虫，枝角类中的透明溞，但是数量下降乃是一个普遍规律。虽然在各个阶段出现的浮游生物各不相同，但是从大体上讲，具有共同性的也不少。譬如说，在浮游植物中，蓝藻比较能耐高温，一般也喜欢在较高温的季节中生长，因而在夏末秋初的个体数最多，冬季最少；绿藻和裸藻也较喜高的水温，但远不及蓝藻，故在春秋两季温度较高的月份繁殖最快；金藻、黄藻，大部分甲藻和硅藻适于较低的水温，因而在春秋两季较冷的月份最多，甚至部分硅藻的高峰出现在冬季。多数鞭毛藻类，如团藻目、甲藻、隐藻以及金藻、裸藻门的一些属

以及蓝藻门的一些种类都喜欢生长在有机质含量丰富的水体中，因而在较暖的月份里，有机质分解旺盛情况才多起来（图 2-2）。

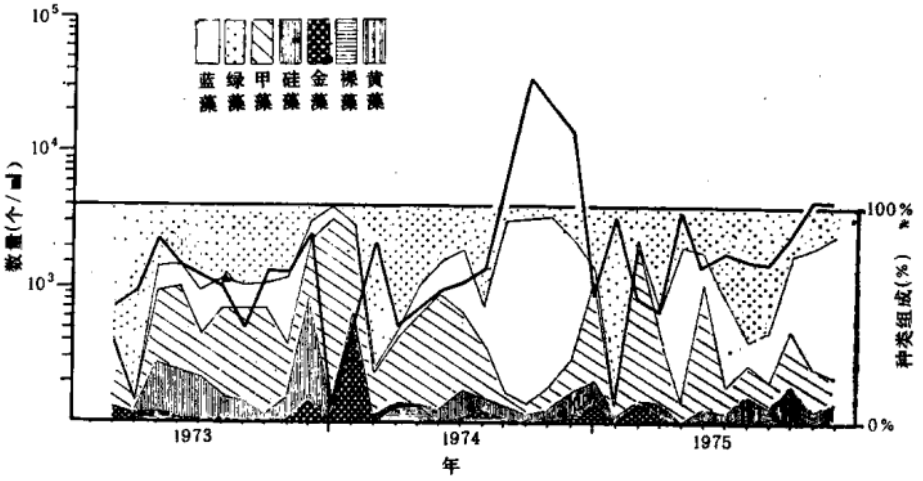


图 2-2　武汉东湖敞水区浮游植物数量和种类组成的变化

在浮游动物中，广温性种类虽较多，但一般仍以夏、秋季的种类较丰富。不同的种类季节性亦有不同。以武汉东湖来说，桡足类出现的季节性最强，终年出现的仅有少数种类，如球状许水蚤；原生动物、轮虫出现的季节性也较显著，终年出现的分别为 17 种和 16 种，占东湖这二类动物总数的 1/5 左右。枝角类出现的季节性最差，约有 2/3 的种类都曾在各个季节出现。浮游动物数量的季节变化更是变化多端，同在长江中下游的中型浅水湖泊武汉东湖和江苏五里湖数量的季节变化迥然不同（表2-2）。

表 2-2　武汉东湖和江苏五里湖浮游动物季节性变化比较（%）

项　目	春 (3, 4, 5)	夏 (6, 7, 8)	秋 (9, 10, 11)	冬 (12, 1, 2)
东湖敞水带（1979）	9.56	25.75	52.54	12.15
东湖敞水带（1963）	15.89	23.91	45.41	14.78
五里湖敞水带（1952）	49.58	14.33	10.49	25.60

从表中可以看出，东湖的浮游动物总数以秋季最高，夏季次之，冬季再次，春季最少；而五里湖则以春季最高，冬季次之，夏

季再次，秋季最少。据初步分析，这与鱼的捕食作用和水体富营养化有关。

二、形态的季节变异

形态的季节变化或称周期变形（cyclomorphosis），有时亦称作多态（polymorphosis），是淡水，特别是大型湖泊浮游生物的一个相当普遍的现象。如飞燕角甲藻（*Ceratium hirundinella*），它的形态变化主要在下角的数目上，夏季型比冬季型多生出了一个角（图 2-3，A）；僧帽溞亦有明显季节形态变异，特别是头部的变异显著。在温暖季节，头部具有很长的头盔，后来又随秋天来临，头盔逐渐

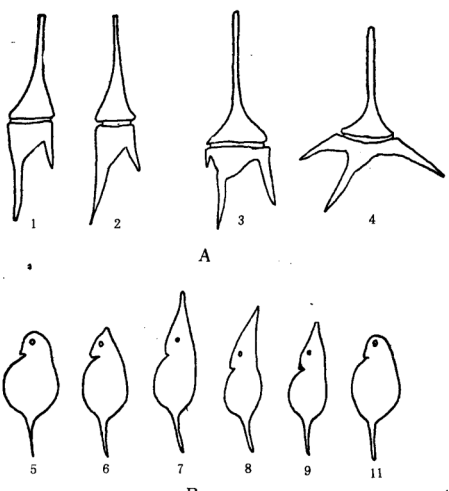


图 2-3　飞燕角甲藻 A 和僧帽溞 B 的季节形态变异
A——1－2 为冬型，3－4 为夏型；B——图中数字为月份

变短，到冬季头盔消失，头顶复呈圆形。翌年春末夏初，又重新形成头盔（图 2-3，B）。

第四节　浮游生物的水平分布和垂直分布

一、水平分布

浮游生物的水平分布（地理分布）和其他生物一样，也有广狭之分。分布广的种类具有较强的适应能力，如能适应不同的温度（广温性）或不同的盐度（广盐性）。有些广盐和广温种类能分布在世界各地，称为世界种。分布狭的种类具有较弱的适应能力，只能适应一定范围的温度（狭温性）和盐度（狭盐性）。有些狭温和狭盐性种类分布局限于一个地区，称为特有种或土著种。我国幅员广阔，地理条件千差万别，因而浮游生物的分布极为多种多样。

表 2-3　辽宁清河水库浮游生物生物量的水平分布和季节变动（mg/l）

季节	上游			中游			下游			全库平均		
	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量	浮游植物	浮游动物	总量
春	4.25	1.38	5.63	3.73	0.63	4.36	2.20	1.03	3.23	2.73	1.13	3.86
夏	13.75	3.40	17.15	19.25	7.10	26.35	2.35	2.75	5.10	7.88	3.78	11.66
秋	17.17	4.75	21.92	10.47	3.17	13.54	7.07	1.05	8.12	6.55	2.32	11.10
冬	2.60	0.85	3.45	2.30	0.71	3.01	1.37	0.13	1.50	1.80	0.40	2.20
年平均	9.44	2.60	12.04	8.94	2.90	11.84	3.25	1.24	4.49	5.37	1.84	7.21
生长期平均	11.68	3.19	14.87	11.23	3.63	14.86	3.87	1.61	5.48	6.55	2.32	8.87

在同一水体中，由于各个湖区、库区或河段的理化因子不同，因此浮游生物的种类和数量也有差别。表 2-3 为辽宁清河水库浮

游生物生物量的水平分布和季节变动，虽然各个季节浮游生物总量的变化很大，但年平均值上游和中游十分接近，而下游则较低。

表 2-4 为武汉东湖沿岸带和敞水带浮游动物数量的比较，以相对值表示，即设敞水带数量为 100%，沿岸带数量百分数大，说明沿岸带数量总是大于敞水带，但各类浮游动物又有所不同。轮虫在沿岸带的数量总大于敞水带的，而原生动物、枝角类和桡足类其相对差异要小，甚至没有差别或反而沿岸带的数量低于敞水带的。而且还可看出，60 年代后，原生动物数量在水平分布上的差异在扩大。

表 2-4　武汉东湖沿岸带和敞水带浮游动物的相对数量（设敞水带为 100%）

年　份	原生动物	轮　虫	枝角类	桡足类	浮游动物总数
1962.4—1963.5	126.08	206.93	125.00	130	132.05
1974.1—1975.12	150.62	199.59	90.55	101.08	156.57
1979.1—1985.12	198.10	159.56	84.36	147.24	190.28

二、垂直分布

如果在某一水体作垂直分层采集，可以看到每个水层的浮游生物不论在种类上或数量上都不相同，这种分布格式在较深的水体中尤为明显。从大体上讲，有些大类的浮游生物多数的种类都有居住在某一深度的共同习性：蓝藻、绿藻多分布于湖水的上层；硅藻、金藻、黄藻则多分布于水的较深部位。浮游动物，尤其是甲壳动物，它们的运动能力远较浮游植物为强，因此这类动物的垂直分布现象也较浮游植物不稳定。原生动物肉足虫的种类，多栖息在水的下层，而纤毛虫则无一定的部位；轮虫、桡足类和枝角类的分布深度变化很大，一般是成虫的居住部位常较幼虫为深。枝角类的密集的水层常较桡足类为浅。

图 2-4 为东湖沿岸带和敞水带桡足类在各水层年平均数量的垂直分布图。一般来说，成体的桡足类的变动幅度较大，而幼体较小。

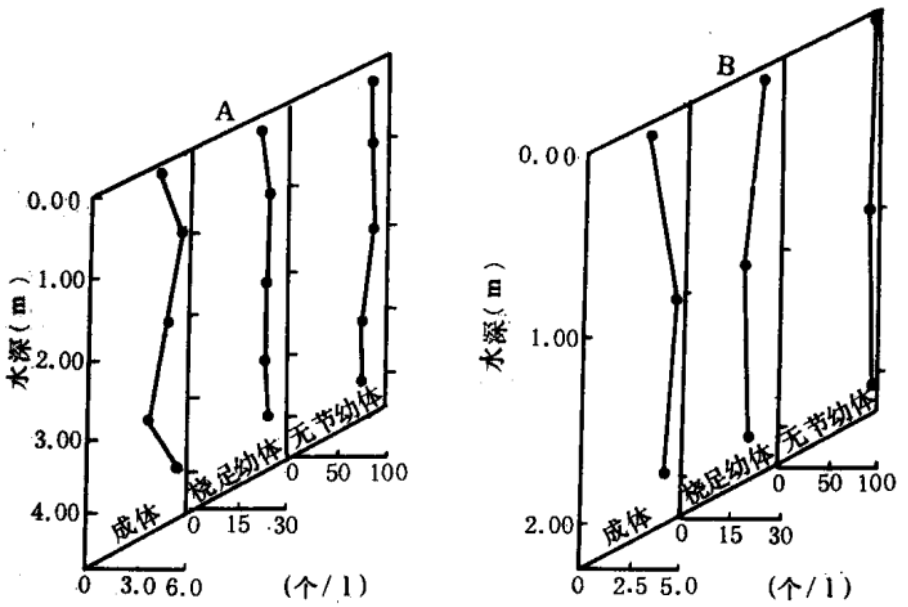


图 2-4 武汉东湖桡足类的垂直分布图(1980.3—1981.3)

A——敞水带； B——沿岸带

第三章　浮游植物的形态特征及分类

浮游植物不是一个分类学单位，而是一个生态学概念。它包括所有生活在水中营浮游生活方式的微小植物。通常浮游植物就指浮游藻类，而不包括细菌和其他植物。

藻类植物大多数生活于水环境中，有的悬浮在水中，有的着生在其他物体，如石、木、水生高等植物上或在水体底部，还有的漂浮在水的表面。

真正营浮游生活的藻类多是体型微小的种类，要借助于显微镜才能看见。

下面先介绍藻类的一般特征，然后叙述我国常见的浮游藻类门类及其分类。

第一节　藻类的基本特征

藻类的形态多样，大小悬殊，分布广泛。但作为植物中的一类，仍具有一些区别于动物和其他植物的最基本的特征。首先是生理上，藻类绝大多数具有光合色素，能进行光合作用，把无机物转变为有机物，属于自养型生物。其次是形态结构上，藻类尽管有的可以有复杂的形态结构，甚至看起来象高等植物，但是没有真正的根、茎、叶的分化；藻类的生殖器官是单细胞的，用单细胞的孢子或合子来进行繁殖，且不形成多细胞的胚。虽然有些高等藻类的生殖器官是多细胞的，但这些细胞都可产生孢子或配子；或者即使有类似多细胞的生殖器官，这些细胞的起源也不同。这些高等的藻类极少出现在浮游植物中。

因此，简单来说，藻类是具光合色素的，植物体无根、茎、叶分化的，具单细胞生殖器官的低等植物。在浮游植物样品中常杂有一些其他的低等植物，如细菌、真菌以及高等植物的花粉，同时还有

许多低等的浮游动物，甚至一些非生物的颗粒、纤维等，我们要善于把它们与藻类区别开来。

第二节　藻类的细胞结构

目前藻类的分类鉴定主要依靠对细胞结构的观察。下面介绍藻类细胞的基本结构，有关各门藻类的一些特殊的结构则在介绍各门藻类的特征时作补充说明。

一、细　胞　壁

大多数藻类细胞都有细胞壁，只有裸藻、隐藻、一些有鞭毛的甲藻和金藻、以及某些生殖细胞（动孢子、配子等）不具细胞壁。

细胞壁一般分为内外两层。内层较坚硬，形成细胞壁的骨架，使细胞具有较固定的形状；外层较柔软，大多为胶质成分。

构成细胞壁的物质有纤维素、果胶质、蛋白质、二氧化硅、碳酸钙等。大多数藻类的细胞壁的主要成分是纤维素和果胶质。硅藻细胞壁的主要成分是二氧化硅和果胶质。

细胞壁大多是平滑的，也可以具有各种花纹、刺、棘或突起等（图 3-1）。

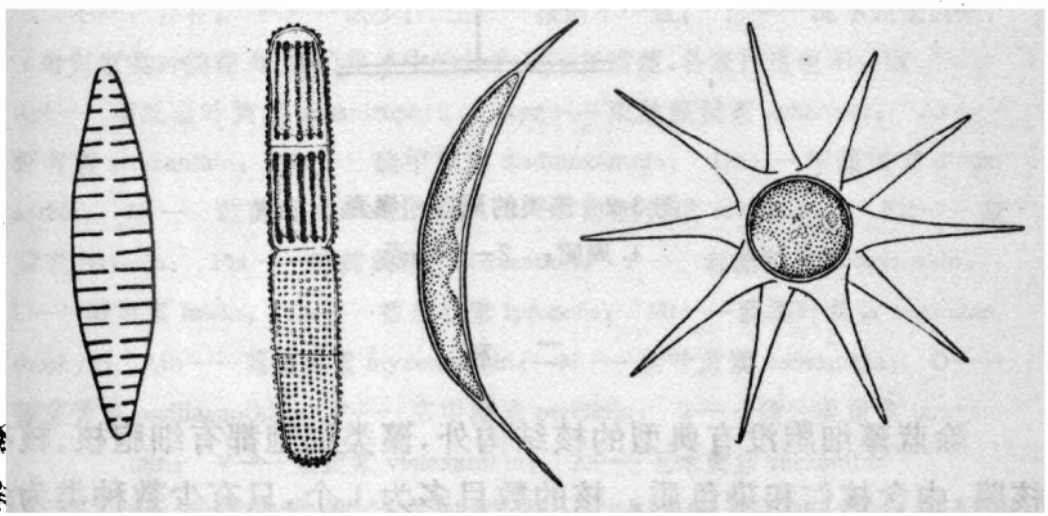


图 3-1　藻类细胞壁上的花纹、棘、刺等

一个细胞的细胞壁多数是一个完整的整体，但是硅藻和黄藻的细胞壁是由两个半片(壳)连接组合而成，而甲藻的细胞壁则是由许多小板片拼合组成。

没有细胞壁的种类，原生质体是裸露的，因而细胞可改变形状。但是有些藻类的细胞质的外层转化为周质(或称表质，periplast)，如果周质较坚硬，那么细胞形状也可较稳定。周质可以是平滑的，亦有形成各种花纹或隆起。某些种类还可形成特殊的囊壳(lorica)，囊壳并不象细胞壁那样接触整个原生质体，它有不同形状和颜色，表面平滑或具刺、突起等(图 3-2)。

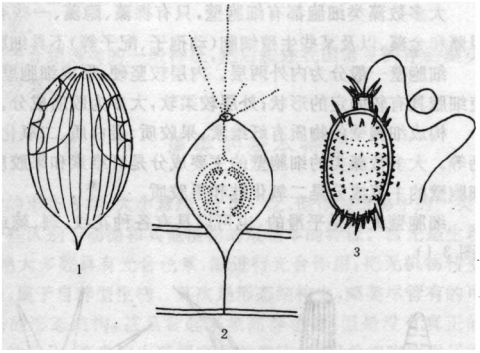


图 3-2　藻类的周质和囊壳
1. 周质；　2—3. 囊壳

二、核

除蓝藻细胞没有典型的核结构外，藻类细胞都有细胞核。核有核膜，内含核仁和染色质。核的数目多为 1 个，只有少数种类为多核。

三、色素和色素体

藻类含有的色素组成极为复杂，大致可分为四大类：叶绿素(chlorophylls)、胡萝卜素(carotenes)、叶黄素(xanthophylls)和藻胆素(phycobiliproteins)。每大类色素中又可分为许多种(表 3-1)。

表 3-1 各门藻类的光合色素的分布

	叶绿素					胡萝卜素				藻胆素		叶黄素*
	a	b	c	d	e	α	β	γ	ε	藻蓝素	藻红素	
蓝藻	+	−	−	−	−	−	+	−	±	+	+	Flc, Apn, Apl, Mn, Ml, O, Z, E
绿藻	+	+	−	−	−	+	+	?			?	As, L, N, V, Z
黄藻	+	−	+	−	?		+			−	−	L, N, Dt±, Dd±
金藻	+	−	+	?	?		+			−	−	F, L±, Dt, Dd
硅藻	+	−	+	−	−	±	+		+	−	−	F, Dt, Dd
甲藻	+	−	+	−	−		+			−	−	P, Dd, Dn
隐藻	+	−	+	−	−	+	+		±	+	+	Dd±, Dn, Dt±, Z±
裸藻	+	+	−	−	−		+	±		−	−	As, L, N, E
轮藻	+	+	−	−	−		+	±		−	−	Ly, Z, N, V
褐藻	+	−	+	−	−	±	+			−	−	Flx, F, L, V
红藻	+	−	−	+	−	±	+			+	+	T, Z, L, V, N

+——存在； −——缺少； ±——报道不一致； ？——尚不完全清楚

*叶黄素类种类很多，各门藻类中的分布还不很清楚，各家报道也不一致。

Apl——束丝藻叶黄素 aphanizophyll； Apn——束丝藻黄素 aphanicin； As——虾青素 astaxanthin； Dd——硅甲藻素 diadinoxanthin； Dn——甲藻黄素 dinoxanthin； Dt——硅黄素 diatoxanthin； E——海胆黄素 echinenone； Flc——金黄素 flavacin； Flx——叶黄黄素 flavoxanthin； F——岩藻黄素 fucoxanthin； L——叶黄素 lutein； Ly——番茄红素 lycopene； Ml——蓝藻叶黄素 myxoxanthophyll； Mn——蓝藻黄素 myxoxanthin； N——新叶黄素 neoxanthin； O——颤藻黄素 oscillaxanthin； P——多甲藻素 peridinin； T——蒲公英黄素 taraxanthin； V——菜黄素 violaxanthin； Z——玉米黄素 zeaxanthin

所有的各门藻类都含有叶绿素 a。叶绿素 b 则只存在于绿藻、裸藻和轮藻。这几门藻类的叶绿素组成是和高等植物相同的，植物

体显示绿色。其他各门藻类中，甲藻、隐藻、黄藻、金藻、硅藻和褐藻有叶绿素 c；红藻有叶绿素 d。胡萝卜素中最常见的是 β-胡萝卜素，各门藻类都有。叶黄素类色素的种类很多。各门藻类所含有的叶黄素类色素不同。藻胆素是一类特殊色素，分为藻蓝素和藻红素两种，只发现于蓝藻、隐藻和红藻。

藻类的不同色素组成标志着它们具有不同的进化方向和亲缘关系，是藻类分门的主要依据。

除蓝藻外，藻类细胞中都有专门的色素的载体——色素体(chromoplast，chloroplast)。色素体有不同的形状和数目，在细胞中有不同的位置，这些也都是藻类分类鉴定时的依据。

色素体的形状有盘状、板状、杯状、带状、螺旋带状等(图 3-3)。色素体按其在细胞内的位置可分为两类：位于细胞中心或中轴位置的称轴生；位于细胞周围、靠近细胞壁的称为周生(图 3-3)。

四、贮藏物质

由于藻类含有不同的色素组成，因而通过光合作用形成的同化产物及转化的贮藏物质也各异。淡水藻类中常见的贮藏物质有以下几种：

(1) 淀粉(starch)——绿藻和轮藻的贮藏物质。它们的光合色素组成与高等植物一样，贮藏物质也一样。甲藻和隐藻也贮存淀粉。淀粉遇碘反应呈暗紫色到黑色，这个特点在分类鉴定藻类时很重要。

(2) 蓝藻淀粉(myxophycean starch)——只存在于蓝藻，遇碘反应呈淡红褐色。

(3) 白糖素(金藻多糖，leucosin，chrysolaminarin)——金藻、硅藻、黄藻和褐藻的贮藏物，是一种葡萄糖的聚合物，多呈棒状，或颗粒状，位于色素体外，折光强。

(4) 副淀粉(裸藻淀粉，paramylon)——是裸藻的特有贮藏物，有各种形状和大小。

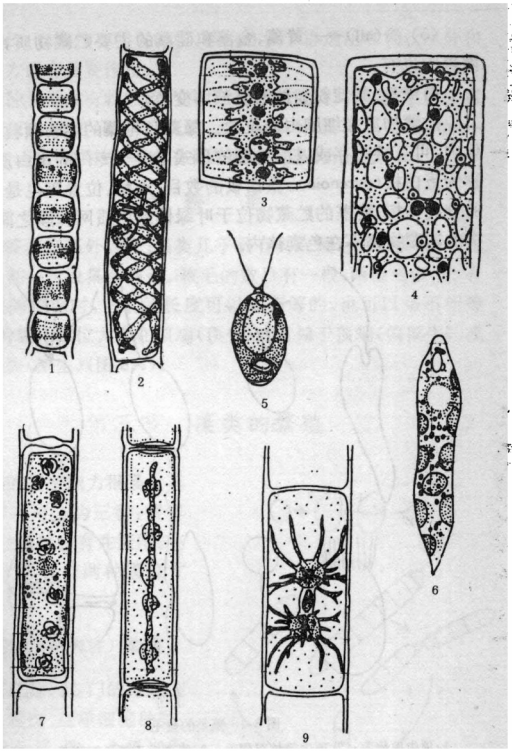


图 3-3　色素体的形状和位置

1. 周生，环形带状；　2. 周生，螺旋带状；　3. 周生，具缺刻带状；　4. 周生，网状；　5. 周生，杯状；　6. 周生，盘状；　7—8. 轴生，板状(正面和侧面观)；　9. 轴生，星芒状

(5) 油(oil)——黄藻、金藻和硅藻的主要贮藏物质，在甲藻和隐藻中也有。

白糖素、副淀粉和油遇碘液不变色。

贮藏物质在细胞内的位置。绿藻和轮藻的淀粉颗粒都在色素体内，可直接贮存或以淀粉鞘的形式附着于专门的蛋白质小体上，称为蛋白核(pyrenoid)。蛋白核的数目、形状、位置等也是一个重要的分类指标。隐藻的贮藏物位于叶绿体的内质网和膜之间，其他藻类的贮藏物都不在色素体内。

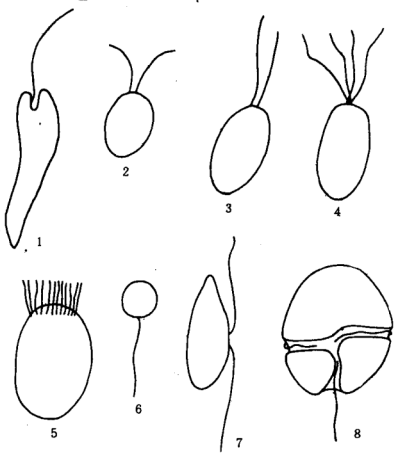


图 3-4 藻类的鞭毛

1. 顶生单鞭毛；2. 顶生等长双鞭毛；3. 偏顶生不等长双鞭毛；4. 顶生四鞭毛；5. 偏顶生多鞭毛；6. 后生单鞭毛；7. 侧生双鞭毛；8. 侧生双鞭毛(一环状，一向后)

五、液　泡

细胞质常不充满整个细胞而形成空腔，腔内充满液体，称为液

泡(vacuole)。液泡外有明显的膜。液泡在调节渗透压和吸收水分和溶解物质方面有重要作用。

运动种类常具有收缩胞,它的结构和功能有时很复杂。许多蓝藻没有真正的液泡,而只有气泡(gas vacuole;或称伪空泡,pseudovacuole),呈不规则的形状,有调节藻体沉浮的作用。

六、鞭　毛

除蓝藻和红藻外,各门藻类几乎都有具有鞭毛的种类,或者在生活史的某一阶段具有鞭毛。鞭毛的数目有一根、两根或多根。有两根以上的鞭毛时,它们的长度可以是相等的,也可以是不相等的。鞭毛的着生部位大多在顶端(顶生)或者偏于顶端(偏顶生),或者生于一侧(侧生)(图 3-4)。

第三节　藻类的繁殖

藻类的繁殖能力很强。其繁殖的方式可分为三种:营养繁殖,无性繁殖和有性繁殖。在浮游藻类中,以前两种繁殖方式为主。

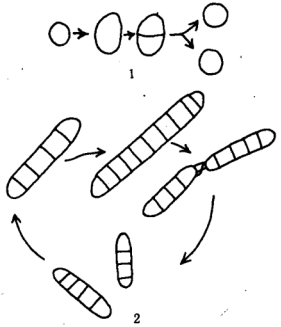


图 3-5　藻类的营养繁殖
1. 细胞分裂;　2. 藻体断裂

一、营养(植物性)繁殖

不通过任何专门的生殖细胞来进行繁殖。在单细胞种类,通过细胞分裂,即一个母细胞连同细胞壁分为两个子细胞,各长成一个新的个体(图 3-5,1)。在群体或多细胞种类,通过断裂繁殖,即一个植物体分为几个较小部分或断裂出一部分脱离母体,长成新个体(图 3-5,2)。

二、无性繁殖

由原生质形成孢子来进行繁殖。孢子是无性的，不需要结合，一个孢子就可长成一个新个体。孢子形成在细胞内进行，与细胞分裂不同，先是核的分裂，随之为细胞质的分割。孢子有许多类型，它们有各种形态，有不同数目（多为 2 的倍数）。

（1）不动孢子（静孢子 aplanospore）：有明显的细胞壁，无鞭毛，不游动（图 3-6，1）。

（2）动孢子（zoospore）：这是最常见的一种孢子。孢子细胞裸露，有鞭毛（1，2，4 或多根），能运动。淡水藻中除蓝藻外都可形成动孢子（图 3-6，2）。

（3）厚壁孢子（hypnospore）：壁极厚的不动孢子（图 3-6，3）。

（4）休眠孢子（akinete）：或称原膜孢子。营养细胞增大，细胞贮藏物增加，有与母细胞壁融合的极厚的附加细胞壁。休眠孢子可抵抗不良环境。当条件适合时，休眠孢子则脱落而萌发为新个体（图 3-6，4）。

（5）似亲孢子（autospore）：类似于不动孢子。当它形成后还在母细胞壁内时，就具有与母细胞同样的形态，只是大小不同，故称为似亲孢子（图 3-6，5）。

（6）内生孢子（endospore）：见于蓝藻。在母细胞壁内形成，数目多，无细胞壁（图 3-6，6）。

（7）外生孢子（exospore）：也见于蓝藻。长形的细胞顶端裂开，不断形成和向外发散孢子（图 3-6，7）。

三、有性繁殖

形成专门的生殖细胞配子（gamete），配子必须通过结合成为合子（zygote），然后才长成新个体；或由合子再形成孢子长成新个体。配子也分为可游动的动配子（planogamete）和不活动的不动配子（aplanogamete）。根据相结合的配子的形态和行为，有性繁殖可分为同配（isogamy）、异配（anisogamy）和卵配（oogamy）三种形式。

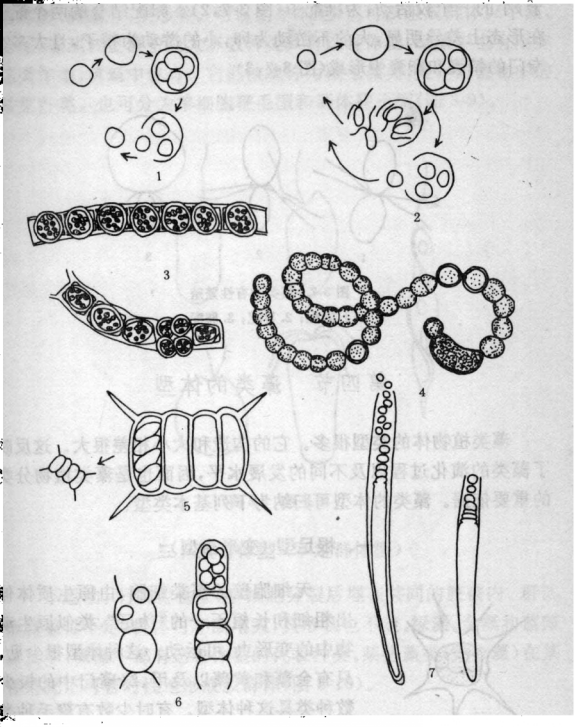


图 3-6　藻类的无性繁殖——孢子形成

1. 静孢子；　2. 动孢子；　3. 厚壁孢子；　4. 休眠孢子；

5. 似亲孢子；　6. 内生孢子；　7. 外生孢子

配是指形态上和生理上均相同的两个配子相结合(图 3-7,1)。配的两个配子在形态和结构上不同,大的一个较不活动为雌配

子；小的一个较活动，为雄配子(图 3-7,2)。卵配结合的两个配子在形态上差异明显，大的不游动为卵，小的游动为精子，且大多在专门的精囊和卵囊中形成(图 3-7,3)。

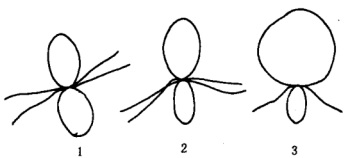


图 3-7　藻类的有性繁殖
1. 同配；2. 异配；3. 卵配

第四节　藻类的体型

藻类植物体的类型很多。它的构造和大小相差很大。这反映了藻类的演化过程以及不同的发展水平，因而也是藻类植物分类的重要依据。藻类的体型可归纳为下列基本类型：

一、根足型（变形虫型）

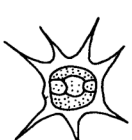


图 3-8　根足型

无细胞壁的藻类细胞，由原生质体伸出粗细和长短不一的“伪足”，类似原生动物中的变形虫，可运动。这种体型很少见，只有金藻和黄藻以及甲、绿藻门中的极少数种类具这种体型。有时少数有鞭毛种类失去鞭毛后也可呈现根足体型。大多为单细胞的，也有联成群体的(图 3-8)。

二、鞭毛型（游动型）

细胞具鞭毛，能作主动运动；具细胞壁、周质或囊壳。细胞形状

有球形、椭圆形、梨形等。可以是单细胞，也可以组成群体。甲藻、隐藻、裸藻和金藻中绝大多数种类具有这种体型。绿藻中也有不少这类体型，黄藻中也有。它们被统称为鞭毛藻类，是浮游植物中的常见种类。也可分为单细胞鞭毛型和群体鞭毛型(图 3-9)。

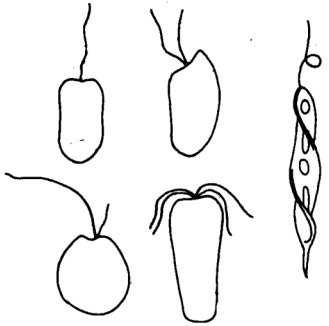


图 3-9　鞭毛型

三、胶群体型（不定群体型）

不运动。行营养性繁殖，细胞分裂后埋在共同的胶被内。群体细胞数目不定，群体可不断增大，其形状也不定。绿藻、金藻和蓝藻以及甲、裸藻中都有这种体型的代表种类。某些藻类(如衣藻)在某种情况下可暂时性地形成胶群体(图 3-10)。

四、球胞型（不游动型）

营养细胞不具鞭毛，为球形、椭圆形及其他形状，不通过营养性分裂繁殖，可以单细胞或一定数目的细胞联结成各种形状的群体。这种体型在藻类中，特别是浮游性藻类中普遍存在，可分为：

(1) 单细胞（图 3-11，1—2)。

(2) 群体。具有一定数目的细胞，作有规则的排列，组成一定的形态和结构的群体，故称定形群体(coenobia)。定形群体又可分为两类：① 原始定形群体——细胞彼此分离，由残存的母细胞壁或分泌的胶质连接成一定的形态和结构(图 3-11,3)；② 真性定形群体——群体细胞彼此直接由它们的细胞壁连接成一定的形态和结构(图 3-11,4—6)。

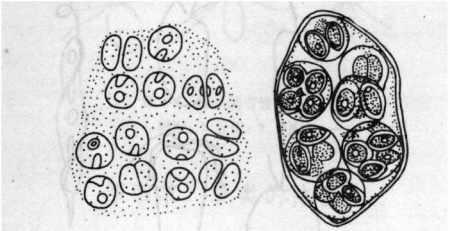


图 3-10　胶群体型

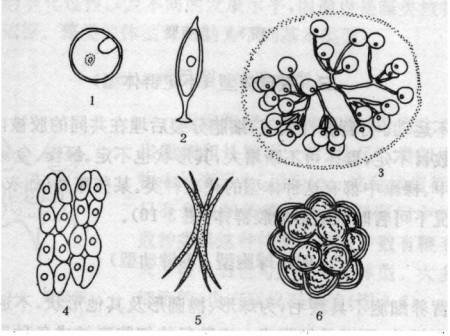


图 3-11　球胞型

1—2. 单细胞；3. 原始定形群体；4—6. 真性定形群体

五、丝状体型

丝状体由细胞不断在横断面上分裂且互相衔接而形成多细胞的植物体。除藻门外，在各门藻类中都有这种体型。

丝状体的末端细胞的形状可以与中间的相同，也可以是变狭或具其他形状。按分枝状况又可分为：

(1) 不分枝(简单)丝状体型(图 3-12,1—2)。

(2) 分枝丝状体型。分枝又有真、假之分(图 3-12,3—4)。真分枝是通过不同方向的细胞分裂形成的；假分枝则是通过藻丝穿出胶鞘后再延伸生长或其他方式形成的。

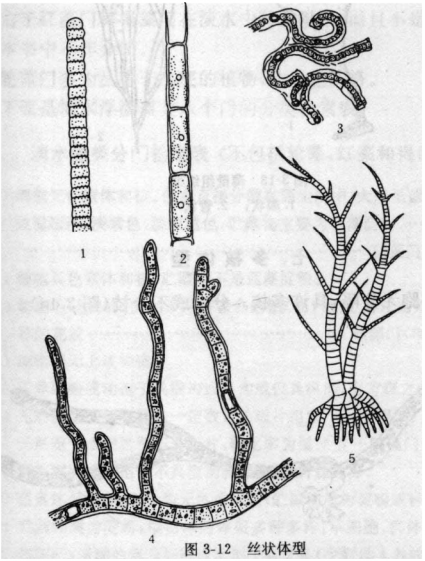


图 3-12　丝状体型

1—2. 不分枝丝状体；3—4. 分枝丝状体(假分枝和真分枝)；5. 异丝体

(3) 异丝体型。丝状体分化为直立和匍匐两部分(图 3-12,5)。

六、薄壁组织型

由丝状体进一步演化而来,呈膜状或管状薄壁组织(图 3-13,1—2)。

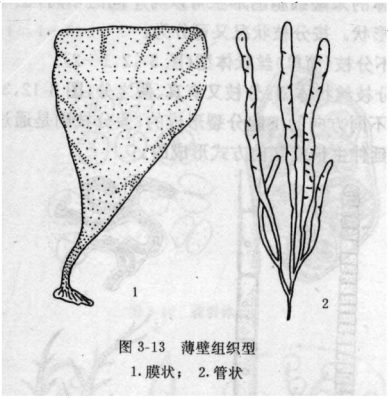


图 3-13 薄壁组织型
1. 膜状; 2. 管状

七、多核体型

营养细胞无分隔,具许多核。分枝或不分枝(图 3-14)。

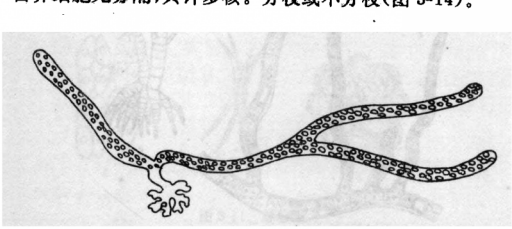


图 3-14 多核体型

分枝和异丝体型、多核体型和薄壁组织型的藻类在淡水浮游植物中不多见。

第五节　藻类植物的分门

藻类植物在分类学上是复杂而多样的一大类植物。对藻类的分类系统，不论是分类地位、分类的依据等，有很不同的看法。本书按较通用的分类系统把藻类分为 11 个门。

分门的主要依据是：光合色素的主要种类和组成；贮藏物质的性质；细胞壁的成分和结构等。

由于红藻门和褐藻门在淡水中种类极少，而且不是浮游种类，故在本书中不作介绍。

轮藻门多为丛生于水底的植物，此处也从略。

下面是淡水浮游藻类八个门的分类检索表。

淡水藻类分门检索表（不包括轮藻、红藻和褐藻）

1（2）细胞无色素体和核。色素直接分散在原生质中，大多呈蓝绿色，有时呈橄榄绿色、淡紫色、淡玫瑰色；贮藏物主要为蓝藻淀粉 …… 蓝藻门（Cyanophyta）

2（1）细胞具色素体和核，贮藏物不是蓝藻淀粉。

3（4）细胞有硅质的、由上下两瓣套合的壁（壳），壳上有左右对称或辐射对称的花纹 …… 硅藻门（Bacillariophyta）

4（3）细胞壁无上述构造。

5（8）营养细胞或动孢子具横沟或纵沟或仅具纵沟，有背腹之分。

6（7）无细胞壁或细胞壁由一定数目的板片组成 …… 甲藻门（Pyrrophyta）

7（6）无细胞壁或细胞壁不具板片，鞭毛多为偏顶生 …隐藻门（Cryptophyta）

8（5）营养细胞或动孢子不具横沟和纵沟，无背腹之分。

9（12）色素体呈绿色，很少为无色或灰色；贮藏物质为淀粉或裸藻淀粉。

10（11）贮藏物质为淀粉；植物体的体型多种多样：单细胞、群体、丝状或薄壁组织状；运动的营养细胞或动孢子具 2 条（少数具 4 条或 8 条）等长的鞭毛 …… 绿藻门（Chlorophyta）

11(10) 贮藏物质为裸藻淀粉;植物体多为单细胞,少数为群体。色素体呈绿色,有时无色;运动细胞多具顶生鞭毛1条(极少数有2条或3条) …… 裸藻门(Euglenophyta)

12(9) 色素体呈黄绿色、金褐色或淡棕黄色;贮藏物质为白糖素或油。呈单细胞或群体;运动细胞具1,2,3条等长或不等长的鞭毛。

13(14) 色素体呈金褐色或淡棕黄色;细胞大多裸露,有时具鳞片、小刺或囊壳;单细胞或群体;运动细胞具1或2条等长或不等长的鞭毛,罕见具3条鞭毛或具伪足…… 金藻门(Chrysophyta)

14(13) 色素体呈黄绿色;植物体单细胞、群体或丝状;运动细胞具2条不等长的鞭毛;单细胞或群体种类的细胞壁常由两瓣套合而成;丝状种类的细胞壁由两个"H"形的节片组成;不具花纹 … 黄藻门(Xanthophyta)

第六节 蓝藻门 Cyanophyta

与其他藻类细胞不一样,蓝藻细胞没有细胞核和色素体等细胞器。在蓝藻细胞的中央只有一个较透明的区域,内含遗传物质,但无核仁和核膜,称为中央体,相当于核。而在原生质的周围区域,色素以类囊体(thylakoids)的形式分布在这个区域内,称为色素区。

蓝藻也没有真正的液泡,许多蓝藻细胞内有无数细小的无规则的伪空泡或气泡。镜检时在低倍下呈黑色小点,高倍下则为淡红色的不规则透明小泡(图3-15,1)。

蓝藻含有的色素有叶绿素a、β-胡萝卜素和叶黄素,除此之外,还含有大量藻胆素(藻蓝素和藻红素)。藻蓝素和藻红素的含量和比例随光照等环境因子而变化,因而蓝藻常常显示蓝绿色或淡紫蓝色。同化产物主要是蓝藻淀粉。

蓝藻的细胞壁外常有胶质的胶被,有时在整个群体外还有共同的胶被,在丝状种类称为胶鞘。胶被和胶鞘厚度不等,有的无色,有的有各种颜色;有均匀不分层的,也可有层理。

许多丝状种类的一些营养细胞发生分化,形成异形胞(heterocyst),它的壁变厚,内不含或只含少量藻胆素,与相邻的细胞连接处有孔和向内突出的小瘤,称为极节(polar nodule)。在镜检时它们

与一般营养细胞有明显的不同，有清晰的细胞壁，细胞透明，好似空细胞。它们的位置可在丝状体的顶端，或在中间(图 3-15,2)。

蓝藻无有性繁殖方式。它的繁殖多通过细胞分裂。丝状种类常藻丝断裂，形成若干段殖体(hormogonia)。每条段殖体可长成新的个体。有的种类通过形成各种孢子来繁殖。孢子都没有鞭毛(图 3-15,3)。

蓝藻的体型较简单，有单细胞，群体(大多为不定形群体)、丝状体和异丝体。没有具鞭毛的种类。一列细胞组成的丝状群体特称为藻丝(trichome)，如果外有胶鞘，则合称为丝状体(filament)，有时一条丝状体中可有几条藻丝。

图 3-15
蓝藻的伪空泡，异形胞和孢子
1. 伪空泡；2. 异形胞；3. 孢子

虽然蓝藻没有可以运动的鞭毛体形，但不少丝状型种类也可具有颤动的运动方式。

蓝藻的分布极广，在各种水体中都可发现。它适温的范围广，喜欢较肥的水质。在温泉、热带水体和有机物污染的水体中较多见到。有些种类还可在冰雪中出现。许多蓝藻是典型浮游种类，大量繁殖时形成“水华”，被作为水体富营养化的重要标志。

不少蓝藻能固定空气中的游离氮。固氮蓝藻对水体的营养状况和土壤改良有不少的作用。在研究利用固氮蓝藻作为农作物的生物肥源方面，已取得不少成绩。有些蓝藻可以食用(如地木耳、发菜等)。螺旋藻作为蛋白质的来源也在研究试验中。我国某些地区利用蓝藻“水华”直接作为农肥。但有些蓝藻有毒，已有关于家畜饮用含大量蓝藻的水而中毒死亡的报道。

蓝藻门只设一个纲——蓝藻纲(Cyanophyceae),下分三个目。其中管孢藻目(Chamaesiphonales)都为着生种类,不包括在下面的分属检索表中。

一、分属检索表

1(18) 单细胞或非真丝状群体,无段殖体 …… 色球藻目 Chroococcales

2(3) 植物体为块状胶群体,具原始丝状体,且具堆积性假分枝;着生种类 …… 石囊藻科 Entophysalidaceae

3(2) 植物体为单细胞或群体,无原始丝状体。大多为浮游种类 …… …… 色球藻科 Chroococcaceae

4(7) 植物体为单细胞或由少数细胞组成的不定形群体。

5(6) 细胞呈纺锤形、弓形、或弯曲成"S"形 …… …… 蓝纤维藻属 *Dactylococcopsis*(图 3-16,1—2)

6(5) 细胞呈椭圆形、圆柱形,两端钝圆,常略弯曲;大多几个细胞聚集在一起,具共同胶被 …… 棒条藻属 *Rhabloderma*(图 3-16,3)

7(4) 植物体为多细胞群体。

8(15) 群体中细胞排列规则。

9(12) 群体中细胞作辐射状排列在群体外层。

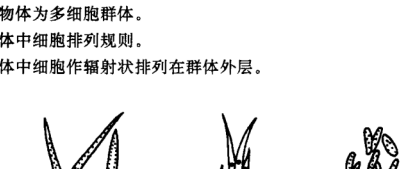


图 3-16 1. 针状蓝纤维藻 *Dactylococcopsis acicularis*; 2. 针晶蓝纤维藻 *Dac. rhaphidioidea*; 3. 线形棒条藻 *Rhabloderma lineare*

10(11) 细胞楔形或椭圆形,有胶柄 …… 束球藻属 *Gomphosphaeria*(图 3-17,1)

11(10) 细胞球形、半球形…… 腔球藻属 *Coelosphaerium*(图 3-17,2)

12(9) 群体中细胞不作辐射状排列。

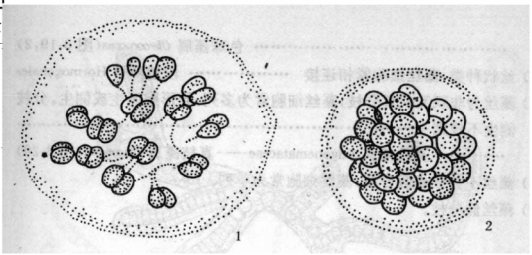


图 3-17　1. 湖生束球藻 *Gomphosphaeria lacustris*；
2. 不定腔球藻 *Coelosphaerium dubium*

13(14) 细胞规则地在一个平面上纵横排列，成平板形 …… 平裂藻属 *Merismopedia**①(图 3-18,1)

14(13) 细胞规则地不在一个平面上排列成立方形 …… 立方藻属 *Eucapsis*(图 3-18,2)

15(8) 群体中细胞排列不规则。

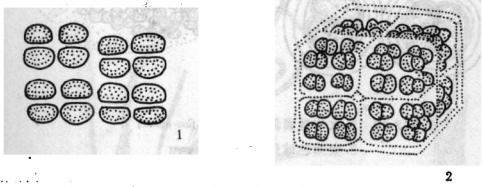


图 3-18　1. 优美平裂藻 *Merismopedia elegans*；
2. 高山立方藻 *Eucapsis alpina*

16(17) 群体胶被均匀，无明显个体胶被。群体内细胞密集，数量较多 …… 微囊藻属 *Microcystis**(图 3-19,1)

17(16) 群体胶被常分层，有明显个体胶被。群体细胞较少 ……

① 凡有此星号的属，表示为重要属，另有描述和分种检索表，以下同。

…… 色球藻属 *Chroococcus*(图 3-19,2)

18(1) 丝状种类,藻丝细胞紧相连接 …… 段殖藻目 Hormogonales

19(20) 藻丝为非双叉式真分枝,藻丝细胞常为多列,营养细胞间生或侧生。分枝侧生不规则 ……

…… 真枝藻科 Stigonemataceae——真枝藻属 *Stigonema*(图 3-20)

20(19) 藻丝不分枝或假分枝,藻丝细胞常为单列。

21(32) 藻丝假分枝。

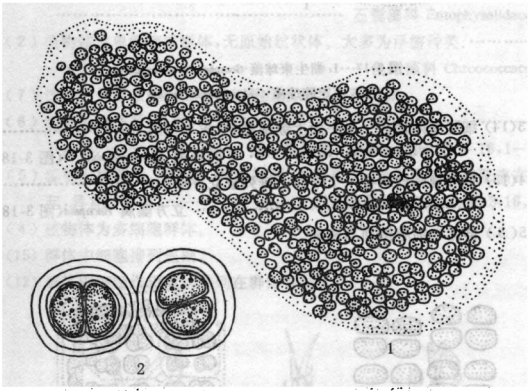


图 3-19 1. 水华微囊藻 *Microcystis flos-aquae*;
2. 束缚色球藻 *Chroococcus tenax*

22(29) 藻丝的两端或一端渐尖,有的顶端细胞呈毛状 ……

…… 胶须藻科 Rivulariaceae

23(26) 具异形胞。

24(25) 植物体球形或半球形,不具厚壁孢子… 胶须藻属 *Rivularia*(图 3-21,1)

25(24) 植物体球形或半球形,具厚壁孢子… 胶刺藻属 *Gloeotrichia*(图 3-21,2)

26(23) 不具异形胞。

27(28) 藻丝两端尖细,外有鞘 …… 双尖藻属 *Hamaloides*(图 3-22,1)

28(27) 藻丝两端或一端尖细,外无鞘 ……

…… 尖头藻属 *Raphidiopsis*(图 3-22,2—3)

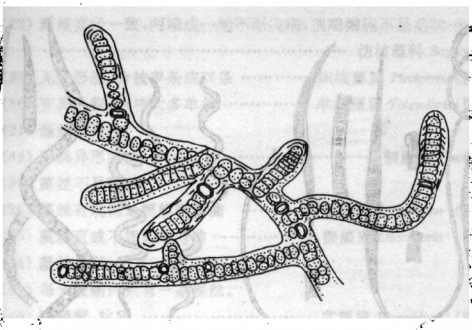


图 3-20　眼状真枝藻 *Stigonema ocellatum*

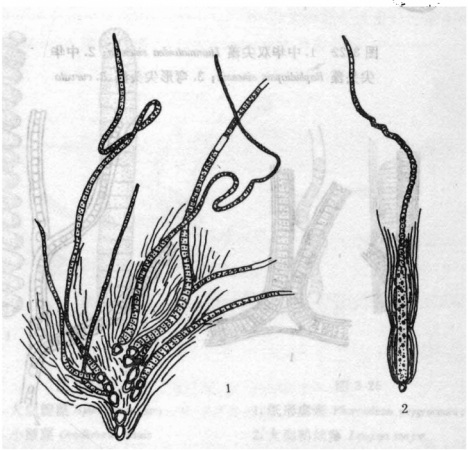


图 3-21　1. 饶氏胶须藻 *Rivularia Jaoi*；
2. 漂浮胶刺藻 *Gloeotrichia natans*

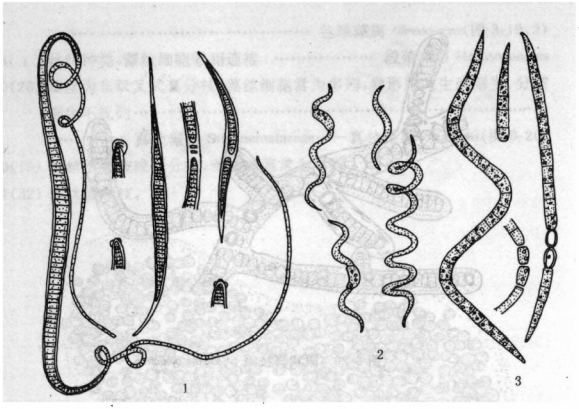


图 3-22　1. 中华双尖藻 *Hamnatoidea sinensis*；2. 中华尖头藻 *Raphidiopsis sinensis*；3. 弯形尖头藻 *R. curvata*

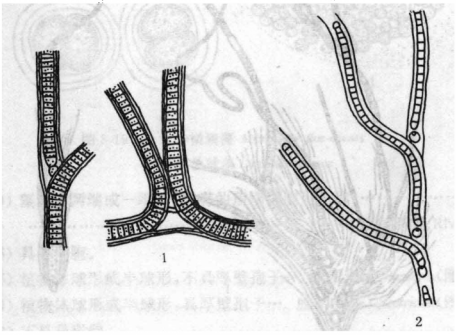


图 3-23　1. 托马织线藻 *Plectonema tomasinianum*；2. 小单歧藻 *Tolypothrix tenuis*

29(32) 藻丝直径一致，两端或一端不渐尖细，顶端细胞不呈毛状 ……
18. …… 伪枝藻科 Scytonemataceae
30(31) 无异形胞，分枝单条或双条 …… 织线藻属 *Plectonema*（图 3-23,1）
31(30) 有异形胞，分枝大多单条 …… 单歧藻属 *Tolypothrix*（图 3-23,2）
32(21) 藻丝不分枝。
33(44) 不具异形胞 …… 颤藻科 Oscillatoriaceae
34(37) 藻丝不具鞘。
35(36) 藻丝有规则地螺旋形弯曲 …… 螺旋藻属 *Spirulina**（图 3-24,1）
36(35) 藻丝直或不规则地弯曲 …… 颤藻属 *Oscillatoria**（图 3-24,2）
37(34) 藻丝具鞘。
38(41) 每个胶鞘内只有一条藻丝。
39(40) 胶鞘薄，粘质 …… 席藻属 *Phormidium**（图 3-25,1）
40(39) 胶鞘坚固，厚且分层 …… 鞘丝藻属 *Lyngbya*（图 3-25,2）
41(38) 每个胶鞘内有几条藻丝。
…… (1)

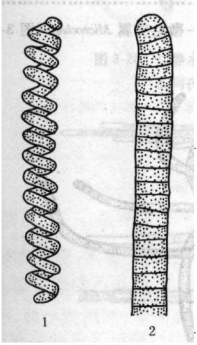


图 3-24

1. 大螺旋藻 *Spirulina major*；
2. 小颤藻 *Oscillatoria tenuis*

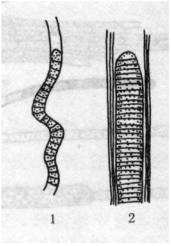


图 3-25

1. 纸形席藻 *Phormidium papyraceum*；
2. 大型鞘丝藻 *Lyngbya major*

(43) 胶鞘粘质，不分层。每一胶鞘内有很多条藻丝 ……
…… 微鞘藻属 *Microcoleus*（图 3-26,1）

43(42) 胶鞘相质，分层。每一胶鞘内只有1条藻丝 …… 水鞘藻属 *Hydrocoleus*(图 3-26,2)

44(33) 具异形胞。

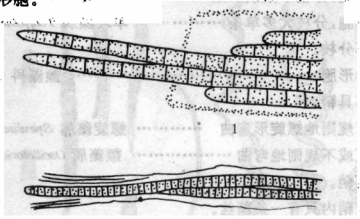


图 3-26 1. 沼地微鞘藻 *Microcoleus paludosus*；2. 隐丝水鞘藻 *Hydrocoleus homoeotrichus*

45(46) 藻丝分化为基部和顶部 …… 微毛藻科 Microchaetaceae——微毛藻属 *Microchaete*(图 3-27)

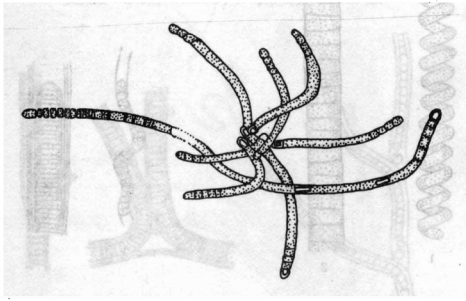


图 3-27 柔嫩微毛藻 *Microchaete tenera*

46(45) 藻丝不分化为基部和顶部 …… 念珠藻科 Nostocaceae

47(50) 异形胞顶生。

48(49) 孢子紧靠异形胞 …… 柱孢藻属 *Cylindrospermum*(图 3-28,1)

(46) 孢子远离异形胞 …… 项圈藻属 *Anabaenopsis*(图 3-28,2)

(47) 异形胞间生。

(51)(52) 藻丝末端细胞延长成为无色细胞 ……

…… 束丝藻属 *Aphanizomenon*(图 3-29,1,2)

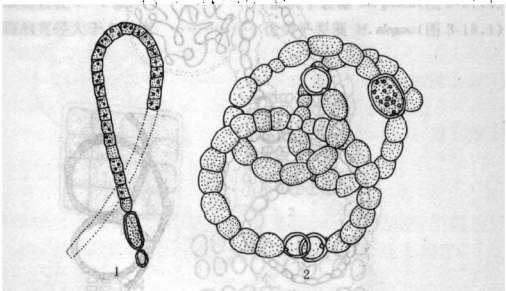


图 3-28 1. 静水柱孢藻 *Cylindrospermum stagnale*;
2. 阿氏项圈藻 *Anabaenopsis arnoldii*

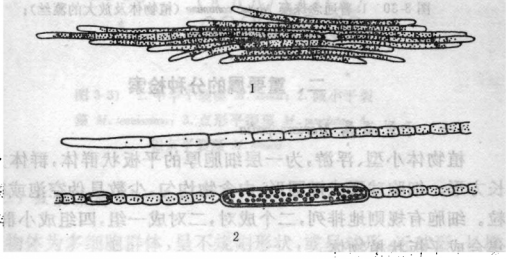


图 3-29 水花束丝藻 *Aphanizomenon flos-aquae*
1. 群体; 2. 藻丝

(51) 藻丝的所有细胞形状相同。

(54) 许多藻丝不规则地埋于胶被中,形成较大的、具有一定形状的植物体 …… 念珠藻属 *Nostoc*(图 3-30,1)

54(53) 藻丝单生，有时纠集成为群体 …… 鱼腥藻属 *Anabaena*（图 3-30,2）

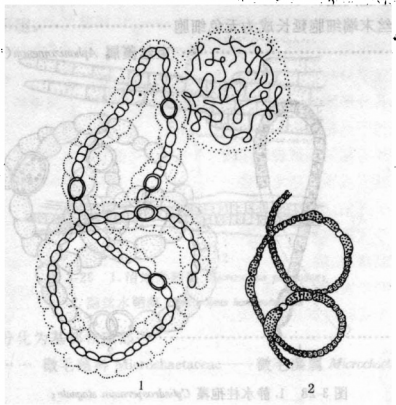


图 3-30　1. 普通念珠藻 *Nostoc commune*（植物体及放大的藻丝）；
2. 水花鱼腥藻 *Anabaena flos-aquae*

二、重要属的分种检索

（一）平裂藻属 *Merismopedia*

植物体小型、浮游，为一层细胞厚的平板状群体，群体方形或长方形。细胞球形或椭圆形，内含物均匀，少数具伪空泡或微小颗粒。细胞有规则地排列，二个成对，二对成一组，四组成小群，小群集合成平板状植物体。

多生活于静水水体，喜较肥沃水质或长有水草的沿岸区。

分种检索表

1（2）细胞正方形，仅在转角处略钝圆 …… 中华平裂藻 *M. sinica*（图 3-31,1）
2（1）细胞不为正方形。

(2) 细胞直径小于 3 微米(少数可达 3.5 微米)。

(3) 细胞直径为 1.3—2.4 微米 …… 微小平裂藻 *M. tenuissima*(图 3-31,2)

(4) 细胞直径 2—3.5 微米 …… 点形平裂藻 *M. punctata*(图 3-31,3)

(5) 细胞直径大于 3.5 微米(少数可为 3 微米)。

(6) 细胞直径 3—6 微米 …… 银灰平裂藻 *M. glauca*(图 3-31,4)

(7) 细胞直径大于 6 微米 …… 优美平裂藻 *M. elegans*(图 3-18,1)

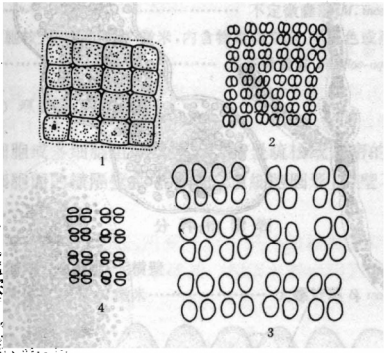


图 3-31 1. 中华平裂藻 *M. sinica*; 2. 微小平裂藻 *M. tenuissima*; 3. 点形平裂藻 *M. punctata*; 4. 银灰平裂藻 *M. glauca*

(二) 微囊藻属 *Microcystis*

植物体为多细胞群体,呈不规则形状,或呈球形、近球形、长椭圆形。群体胶被均质无色,往往成分散的粘质状。细胞球形,有时椭圆形,排列紧密,无胶被。细胞呈浅蓝色、亮蓝绿色、橄榄绿色,具颗粒和伪空泡。细胞可在各个方向分裂繁殖,在群体内排列紧密。

生长于各种湖泊池塘水体中,在富营养型水体中形成水华。

分种检索表

1(2) 群体衰长，形成假丝状 ……

…… 假丝状微囊藻 *M. pseudofilamentosa*（图 3-32,1）

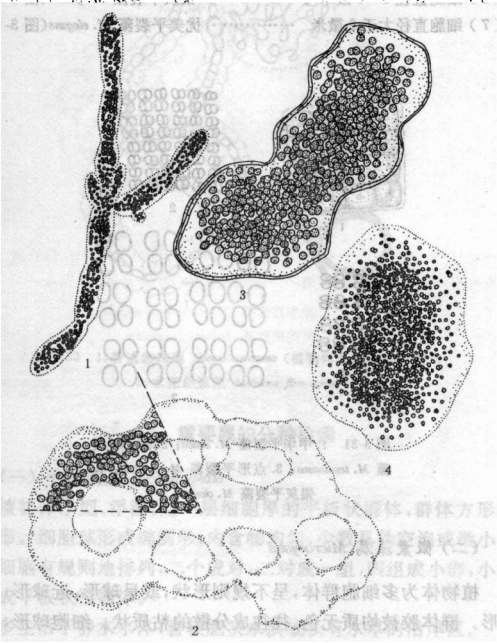


图 3-32 1. 假丝状微囊藻 *M. pseudofilamentosa*； 2. 铜绿微囊藻 *M. aeruginosa*； 3. 具缘微囊藻 *M. marginata*； 4. 不定微囊藻 *M. incerta*

(4) 群体球形，长圆形或不规则形状。

(4) 群体成熟后出现空洞，成为网络状破裂体 ……

…… 铜绿微囊藻 *M. aeruginosa*(图 3-32,2)

(3) 群体成熟后不出现空洞，不成为网络状断裂体。

(5) 群体胶被边缘分层 …… 具缘微囊藻 *M. marginata*(图 3-32,3)

(5) 群体胶被边缘不分层。

(6) 细胞微小，直径 1—2 微米，内含物具均匀颗粒 ……

…… 不定微囊藻 *M. incerta*(图 3-32,4)

(7) 细胞较大，直径 3—7 微米，内含物具伪空泡，呈红色或黑色……

…… 水华微囊藻 *M. flos-aquae*(图 3-19,1)

(三) 螺旋藻属 *Spirulina*

形态

单细胞或多细胞组成丝体，无鞘；呈疏松或紧密的有规则的螺旋状。细胞间的横隔壁常不明显。顶细胞圆形，外壁不增厚。

分种检索表

(1) 植物体为单细胞，无横壁。

(3) 植物体直径 1—2 微米…… 大螺旋藻 *S. major*(图 3-24,1)

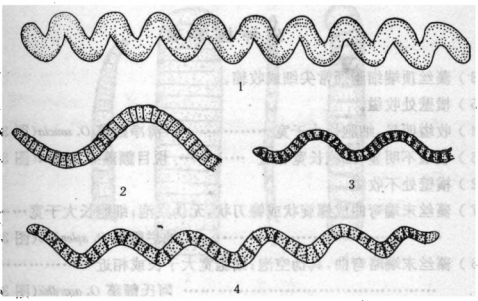


图 3-33 1. 为首螺旋藻 *S. princeps*；2. 钝顶螺旋藻 *S. platensis*；3. 方胞螺旋藻 *S. jenneri*；4. 极大螺旋藻 *S. maxima*

3（2）植物体直径 4.5—5 微米 …… 为首螺旋藻 *S. princeps*（图 3-33,1）
4（1）植物体为多细胞丝状体，具横壁。
5（6）细胞横壁处无颗粒 …… 钝顶螺旋藻 *S. platensis*（图 3-33,2）
6（5）细胞壁处有颗粒。
7（8）植物体螺旋宽 9—15 微米，旋间距离 21—31 微米……
…… 方胞螺旋藻 *S. jenneri*（图 3-33,3）
8（7）植物体螺旋宽 40—60 微米，旋间距离 70—80 微米 ……
…… 极大螺旋藻 *S. maxima*（图 3-33,4）

（四）颤藻属 *Oscillatoria*

植物体为单条藻丝，无鞘，许多藻丝常组成皮膜状或束块状的漂浮群体。藻丝不分枝，直或扭曲，能颤动，大多等宽，有时略变狭。细胞圆柱形，横壁处收缢或不收缢；顶端细胞形状多样，末端增厚或具帽状体。细胞内含物均匀或具颗粒，少数具伪空泡。繁殖通过段殖体。

此属与螺旋藻属的区别为没有规则的螺旋状弯曲；与席藻属和鞘丝藻属的区别为藻丝无鞘。但颤藻属中有时某些种类也可具有上述几个属的类似特征，故应注意观察鉴别。

分 种 检 索 表

1（8）藻丝顶端细胞通常尖细或收缩。
2（5）横壁处收缢。
3（4）收缢明显，细胞长小于宽…… 清净颤藻 *O. sancta*（图 3-34,1）
4（3）收缢不明显，细胞长宽相近 …… 悦目颤藻 *O. amoena*（图 3-34,2）
5（2）横壁处不收缢。
6（7）藻丝末端弯曲成螺旋状或镰刀状，无伪空泡；细胞长大于宽……
…… 灿烂颤藻 *O. splendida*（图 3-34,3）
7（6）藻丝末端略弯曲，具伪空泡；细胞宽大于长或相近……
…… 阿氏颤藻 *O. agardhii*（图 3-34,4）
8（1）藻丝顶端细胞通常不尖细或不收缩。
9（10）横壁处收缢 …… 美丽颤藻 *O. formosa*（图-35,1）
10（9）横壁处不收缢。

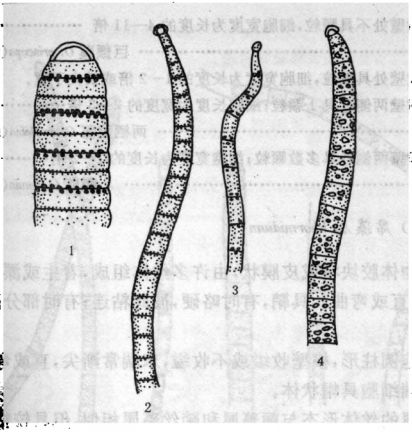


图 3-34　1. 清净颤藻 *O. amcta*；2. 悦目颤藻 *O. amoena*；3. 灿烂颤藻 *O. splendida*；4. 阿氏颤藻 *O. agardhii*

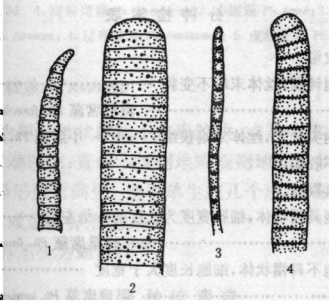


图 3-35　1. 美丽颤藻 *O. formosa*；2. 巨颤藻 *O. princeps*；3. 两栖颤藻 *O. amphibia*；　4. 小颤藻 *O. tenuis*

11(12) 横壁处不具颗粒，细胞宽度为长度的 4—11 倍 …… 巨颤藻 *O. princeps*（图 3-35,2）

12(11) 横壁处具颗粒，细胞宽度为长度的 1—2 倍或长大于宽。

13(14) 横壁两侧各具 1 颗粒；细胞长度为宽度的 2—3 倍…… 两栖颤藻 *O. amphibia*（图 3-35,3）

14(13) 横壁两侧各具多数颗粒；细胞宽度为长度的 1—2 倍…… 小颤藻 *O. tenuis*（图 3-35,4）

（五）席藻属 *Phormidium*

植物体胶块状或皮膜状，由许多丝体组成，着生或漂浮。丝体不分枝，直或弯曲。具鞘，有时略硬，彼此粘连；有时部分融合，薄，无色。

细胞圆柱形，横壁收缢或不收缢，末端常渐尖，直或弯曲。许多种类末端细胞具帽状体。

本属的丝体形态与颤藻属和鞘丝藻属相似，但具较粘软的鞘，就此特征而言，介于上两属之间，应注意区分。在鉴定时还应参考其他形态和生态特征。

分 种 检 索 表

1（4）横壁处收缢。

2（3）顶端细胞钝圆，丝体末端不变狭 …… 窝形席藻 *Ph. foveolarum*（图 3-36,1）

3（2）顶端细胞尖锥形，丝体末端狭细…… 小席藻 *Ph. tenue*（图 3-36,2）

4（1）横壁处不收缢。

5（8）横壁处具颗粒。

6（7）顶端细胞具帽状体，细胞宽度为长度的 1 倍左右 …… 蜂巢席藻 *Ph. favosum*（图 3-36,3）

7（6）顶端细胞不具帽状体，细胞长度大于宽度 …… 层理席藻 *Ph. laminosum*（图 3-36,4）

8（5）横壁处不具颗粒。

9（10）细胞长小于宽 …… 纸形席藻 *Ph. papyraceum*（图 3-25,1）

10(9) 细胞长大于宽…… 皮状席藻 *Ph. corium*（图 3-36,5）

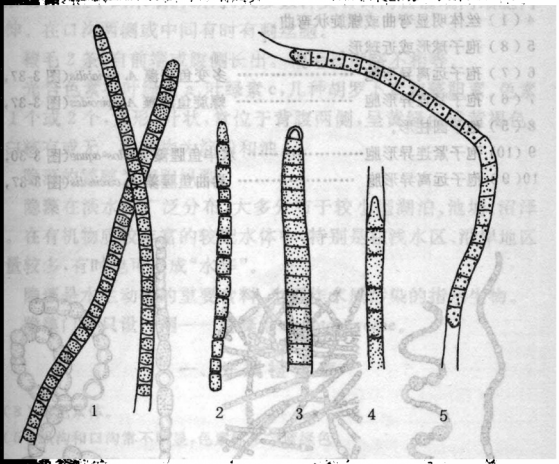


图 3-36 1. 窝形席藻 *Ph. foveolarum*；2. 小席藻 *Ph. tenue*；3. 蜂巢席藻 *Ph. favosum*；4. 层理席藻 *Ph. lamiuosum*；5. 皮状席藻 *Ph. corium*

（六）鱼腥藻属 *Anabaena*

植物体为单一丝状体或不定形胶块，或柔软膜状。藻丝大多等宽，少数末端狭细，直或不规则地或规则地螺旋状弯曲。细胞球形桶形。异形胞常间生。孢子单生或几个成串，紧连在异形胞的一侧或两侧，或远离异形胞。

本属中有不少为固氮种类。

分种检索表

1. 藻体丝不弯曲或略弯曲。
   2. 未发现孢子 …… 固氮鱼腥藻 *A. azotica*（图 3-37，3）

3（2）具孢子，紧连异形胞 …… 类颤藻鱼腥藻 *A. oscillarioides*（图 3-37,4）

4（1）丝体明显弯曲或螺旋状弯曲。

5（8）孢子球形或近球形。

6（7）孢子远离异形胞 …… 多变鱼腥藻 *A. variabilis*（图 3-37,1）

7（6）孢子紧连异形胞 …… 螺旋鱼腥藻 *A. spiroides*（图 3-37,2）

8（5）孢子圆柱形。

9（10）孢子紧连异形胞 …… 水华鱼腥藻 *A. flos-aquae*（图 3-30,2）

10（9）孢子远离异形胞 …… 卷曲鱼腥藻 *A. circinalis*（图 3-37,5）

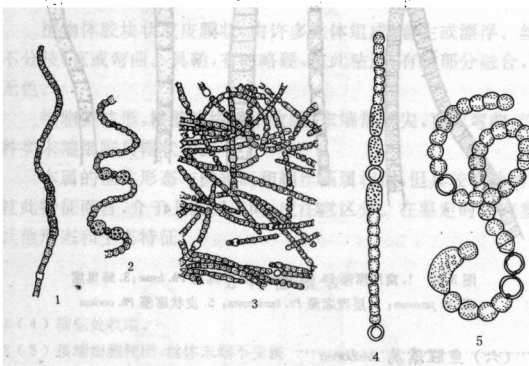


图 3-37　1. 多变鱼腥藻 *A. variabilis*；2. 螺旋鱼腥藻 *A. spiroides*；3. 固氮鱼腥藻 *A. azotica*；4. 类颤藻鱼腥藻 *A. oscillarioides*；5. 卷曲鱼腥藻 *A. circinalis*

第七节　隐藻门 Cryptophyta

隐藻为单细胞，具鞭毛，能运动；少数种类无鞭毛。细胞裸露或有周质。细胞形状有卵形、椭球形、豆形；有明显的背腹之分，背侧凸出，腹侧平直或略凹。细胞前端宽，钝圆或斜向平截，在腹侧有一

种，但不到末端的纵沟。大多数种类有口沟自前端向细胞内，在口沟两侧或中间有时有刺丝胞。

鞭毛 2 条，自前端或腹侧长出。鞭毛长度略不相等。

色素有叶绿素 a，叶绿素 c，几种胡罗卜素和藻胆素。色素体 1 或 2 个，大形，叶状，常位于背腹两侧，呈黄绿色或黄褐色。蛋白核有或无。贮藏物为淀粉和油。

隐藻的繁殖为细胞纵裂。

隐藻在淡水中广泛分布，大多分布于较小型湖泊、池塘、沼泽，在有机物质较丰富的较肥水体中，特别是在浅水区、沿岸地区较多，有时也可形成“水华”。

隐藻是水生动物的重要食料，也可作水质污染的指示生物。

隐藻门下只设一纲——隐藻纲 Cryptophyceae。

一、分属检索表

1(1) 有色素体。

2(1) 纵沟和口沟常不明显，色素体多为蓝绿色。

3(2) 色素体大型，1 或 2 个 …… 蓝隐藻属 *Chroomonas*（图 3-38,1）

3(2) 色素体小型，盘状，多数 …… 蓝胞藻属 *Cyanomonas*（图 3-38,2）

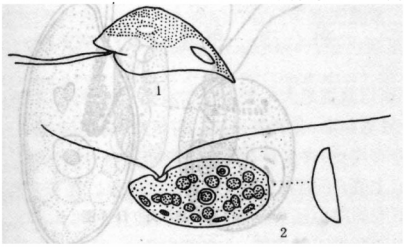


图 3-38　1. 尖尾蓝隐藻 *Chroomonas acuta*；
2. 天蓝胞藻 *Cyanomonas coerulea*

2(1) 纵沟和口沟明显，色素体不是蓝绿色。

4(2) 色素体 1 或 2 个，黄绿色或黄褐色 … 隐藻属 *Cryptomonas*（图 3-39,1）

7（6）色素体只1个，红色或暗红色……红胞藻属 *Rhodomonas*（图 8-39，2）

8（1）无色素体。

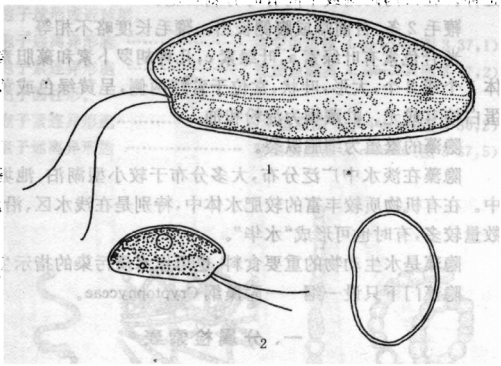


图 3-39　1. 卵形隐藻 *Cryptomonas ovata*（下为横断面观）；2. 湖生红胞藻 *Rhodomonas lacustris*

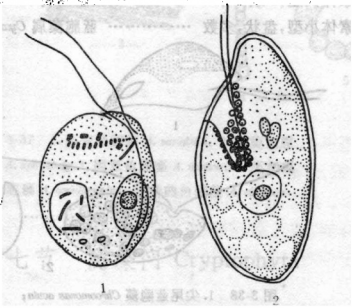


图 3-40　1. 杯胞藻 *Cyathomonas truncata*；2. 草履缘胞藻 *Chilomonas paramecium*

[illegible]进有刺丝胞 …… 杯胞藻属 *Cyathomonas*(图 3-40,1)

[illegible]丝胞 …… 绿胞藻属 *Chilomonas*(图 3-40,2)

二、重要属的分种检索

(一)蓝隐藻属 *Chroomonas*

[illegible]卵形或椭圆形,有时近球形或近圆柱形。前端常斜截,略[illegible]椭圆,有时渐尖,向腹侧弯曲。纵沟或口沟常不明显。无[illegible]极少。鞭毛 2 条,不等长。色素体常为 1 个,有时 2 个,周[illegible]常有浅缺刻,蓝色或蓝绿色,极少情况下橄榄绿色。蛋白[illegible]个或 2 个,在细胞中部或下半部,有或无淀粉鞘。细胞前端[illegible]常无眼点。细胞下半部有核。

分种检索表

[illegible]胞后端渐尖,向腹侧弯曲;色素体 1 个,蛋白核 1 个 ……

…… 尖尾蓝隐藻 *Chr. acuta*(图 3-38,1)

[illegible]胞后端不渐尖;色素体 2 个,蛋白核 1 个……

…… 长形蓝隐藻 *Chr. oblonga*(图 3-41)

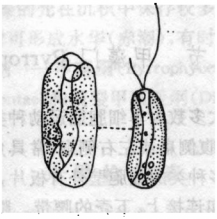


图 3-41 长形蓝隐藻 *Chr. oblonga*

(二)隐藻属 *Cryptomonas*

[illegible]有背腹之分,背部隆起,腹部平直或略凹。横断面多呈椭[illegible]圆形或扁平。具明显口沟,位于腹侧。鞭毛 2 条,自口

沟伸出，向前，略不等长。色素体 2 个(有时仅 1 个)，叶状，黄绿色或黄褐色，偶而红色。繁殖为细胞纵分裂，可形成孢子。

分布较广，数量较多，喜有机质丰富的水质。

分 种 检 索 表

1(2) 细胞后端宽圆形；纵沟明显 …… 卵形隐藻 *Cr. ovata*(图 3-39,1)

2(1) 细胞后端大多渐狭，末端呈狭钝圆形；纵沟常不明显，口沟附近有刺丝胞 …… 啮蚀隐藻 *Cr. erosa*(图 3-42)

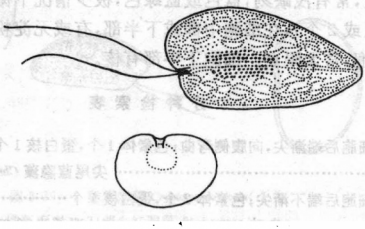


图 3-42 啮蚀隐藻 *Cr. erosa*

第八节 甲藻门 Pyrrophyta

甲藻门藻类绝大多数为单细胞能运动种类，不能运动的极少。细胞一般宽卵形，背腹侧扁或左右侧扁；常具角、刺。一些种类细胞裸露，外有周质；许多种类的细胞壁外有板片，称为壳。壳大都分为三部分：上壳、下壳和连接上、下壳的腰带。腰带也即是横沟所在处，在下壳的腹面还有一纵沟，也称"腹区"(图 3-43)。横沟有环状的，即沟的两端正对相连；也有螺旋状的，即沟的两端不正对相连。从腹面观察时，如沟的右端接近上壳，则称为左旋(下旋)沟(图 3-43,A)；而左端接近上壳的，则称为右旋(上旋)沟(图 3-43,B)。

鞭毛 2 条，大都由横沟的腹侧中部长出，少数为顶生或偏顶

前一情况时，1 条鞭毛为纵鞭，细线状，经纵沟自体后端伸出；1 条为横鞭，波浪形，环绕在横沟中(图 3-43)。

光合色素有叶绿素 a 和 c，β-胡罗卜素和几种叶黄素。少数种类无色。色素体多个，多为盘状，也有为棒状的。棒状色素由中心蛋白核向外辐射。色素体呈黄褐色，有时淡或深褐色，灰色或黄绿色。贮藏物质为淀粉和油。

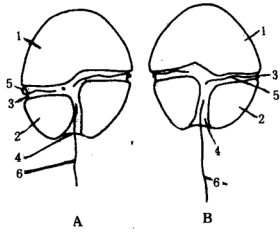


图 3-43 甲藻各部名称及横沟旋转方式(腹面观) A. 左旋(下旋)沟；B. 右旋(上旋)沟 1. 上甲；2. 下甲；3. 横沟；4. 纵沟；5. 横鞭；6. 纵鞭

繁殖方式最常见的是营养繁殖——细胞分裂。少数种类可形成动孢子或不动孢子，或有性繁殖。

甲藻大多是海生种类，淡水中种类不多。多生长于小型湖泊、池塘、沟渠中。较喜温暖，对酸碱度较敏感。甲藻是许多水生动物的良好食料生物。甲藻的壳在沉积中保存较多，在研究沉积时可利用。甲藻大量繁殖时可形成水华(赤潮)，有时可造成危害。

甲藻门只有一纲——甲藻纲(Pyrrophyceae)，分为两亚纲：纵甲藻亚纲(Desmokontae)和横裂甲藻亚纲(Dinokontae)。前者都是海生的种类。

分属检索表

(6) 细胞裸露或具薄的壁，薄壁多完整或由数目不定的相同的多角形或直角形小片组成……

…… 裸甲藻目 Gymnodiniales——裸甲藻科 Gymnodiniaceae

(7) 横沟多少位于细胞中部，环状或螺旋状 ……

…… 裸甲藻属 *Gymnodinium*(图 3-44,1)

(8) 横沟极度偏于细胞一端。

4（5）横沟极度偏于细胞前端 …… 前沟藻属 *Amphidinium*（图 3-44,2）

5（4）横沟极度偏于细胞后端 …… 后沟藻属 *Masseartia*（图 3-44,3）

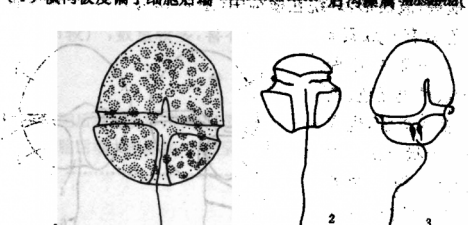


图 3-44　1. 裸甲藻 *Gymnodinium aeruginosum*；2. 透明前沟藻 *Amphidinium hyalinum*；3. 圆后沟藻 *Masseartia campylops*

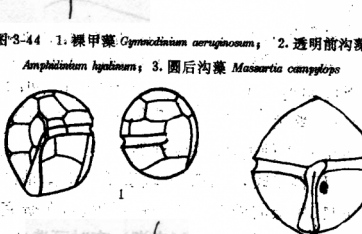


图 3-45　1. 半沟藻 *Hemidium nasutim*（腹面观及侧面观）；2. 光薄甲藻 *Glenodinium gymnodinium*；3. 薄甲藻 *Gl. pulvisculus*

6（1）细胞具厚而硬的壳，壳大都由数目和排列位置固定的大小不同的多角形板片组成 …… 多甲藻目 Peridiniales

7（10）细胞壁常为整块的，或由不明显或明显的板片组成，但每种的上壳板片数目变化不定 …… 薄甲藻科 Glenodiniaceae

8（9）横沟只环绕细胞的一半 …… 半沟藻属 *Hemidium*（图 3-45,1）

……就整个细胞………………… 薄甲藻属 *Glenodinium*(图 3-45,2—3)

……由明显的板片组成,每种的上壳板片数目恒定。

……一个粗大的前角和 2—3 个(罕为 1 个)后角 ……………………

……角甲藻科 Ceratiaceae——角甲藻属 *Ceratium*(图 3-46,1)

……和后端无粗大的角 ……………………………………………………

……多甲藻科 Peridiniaceae——多甲藻属 *Peridinium*(图 3-46,2)

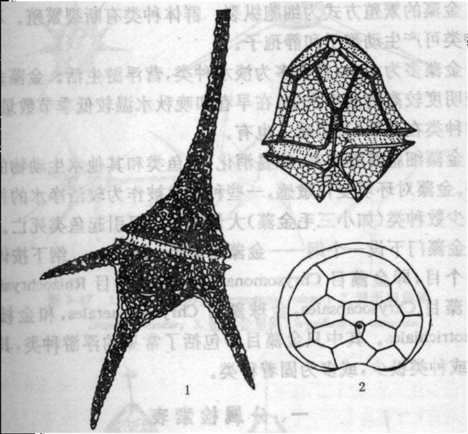


图 3-46 1. 角甲藻 *Ceratium hirundinella*; 2. 二角多甲藻 *Peridinium bipes*(腹面观和顶面观)

第九节 金藻门 Chrysophyta

……为单细胞或群体,或分枝丝状体。大多数种类具鞭毛,鞭毛 1 条或 2 条,少数 3 条;等长或不等长。

……动的种类大多具细胞壁。其他种类有的细胞裸露,具周……,有的覆盖硅质化的鳞片、刺等。

光合色素有叶绿素 a 和 c，β-胡萝卜素和几种叶黄素。因胡萝卜素和叶黄素的含量相对较高，故色素体常呈金褐色或淡棕黄色。

色素体少数，1 个、2 个或几个。大多周生，弯曲片状或带状。多无蛋白核；少数则可有 1—2 个不覆盖同化产物的、不明显的类蛋白核体。同化产物为白糖素和脂肪。白糖素常位于细胞后端，成颗粒状，固定后常常不易观察到。脂肪呈黄色小油滴状。

金藻的繁殖方式为细胞纵裂。群体种类有断裂繁殖。不能运动种类可产生动孢子和静孢子。

金藻多为水生，且大多为淡水种类，营浮游生活。金藻多生活于透明度较高的洁净水中，在早春和晚秋水温较低季节数量较多，有的种类在冬季、甚至冰下也有。

金藻细胞营养丰富，容易消化，为鱼类和其他水生动物的良好食料。金藻对环境变化敏感，一些种类常被作为较洁净水的指示生物。少数种类（如小三毛金藻）大量繁殖时可引起鱼类死亡。

金藻门下设一个纲——金藻纲 Chrysophyceae。纲下按体型分为 5 个目，即金藻目 Chrysomonadales，根金藻目 Rhizochrysidales，金囊藻目 Chrysocapsales，金球藻目 Chrysosphaerales，和金枝藻目 Chrysotrichiales。其中只金藻目中包括了常见的浮游种类，其他几个目或种类极少，或多为固着种类。

一、分属检索表

1（28）能运动（具伪足或鞭毛）。

2（11）根足体型，生活史的主要时期具伪足，单细胞或群体……根金藻目 Rhizochrysidales——根金藻科 Rhizochrysidaceae

3（10）单细胞，或暂时性群体。

4（5）细胞不具囊壳 …… 金变形藻属 *Chrysamoeba*（图 3-47，1）

5（4）细胞具囊壳。

6（7）根足（细胞质丝）不常见或没有；囊壳的相对两极有 2—3 条长刺，自由漂浮 …… 双角藻属 *Diceras*（图 3-47，2）

7（6）囊壳不具长刺，着生。

8（9）囊壳基部有向外伸出的箍形环状体附着于其他藻类上……

…… 金钟藻属 *Chrysopyxis*(图 3-48,1)

b. 壳基部扁平，无檐形环状体 …… 烧瓶藻属 *Lagynion*(图 3-48,2)

b. 集细胞群体 …… 金星藻属 *Chrysidiastrum*(图 3-47,3)

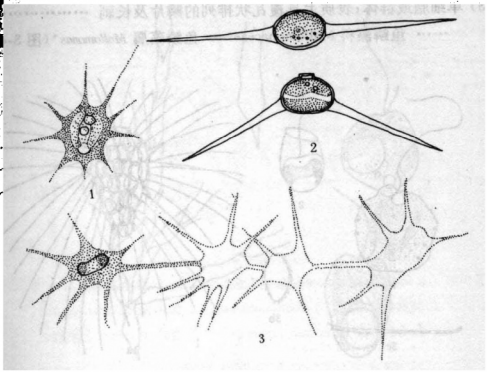


图 3-47　1. 辐射金变形藻 *Chrysamoeba radians*；2. 肾形双角藻 *Diceras phaseolus*；3. 链状金星藻 *Chrysidiastrum catenatum*

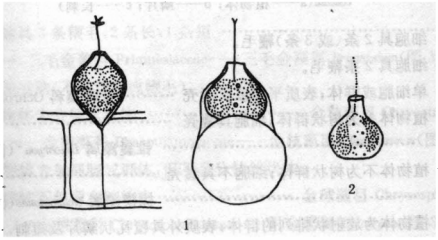


图 3-48　1. 箱足金钟藻 *Chrysopyxis bicepa*(正面观和侧面观)；2. 扁平烧瓶藻 *Lagynion scherffelii*

生活史的主要时期具鞭毛 …… 金藻目 Chrysomonadales

鞭毛 1 条。

13(16) 多为单细胞，表质上不具鳞片及刺 …… 单鞭金藻科 Chromulinaceae
14(15) 细胞不具囊壳 …… 单鞭金藻属 *Chromulina*（图 3-49,1）
15(14) 细胞具囊壳 …… 金杯藻属 *Kephyrion*（图 3-49,2）
16(13) 单细胞或群体；表质上具覆瓦状排列的鳞片及长刺 ……
…… 鱼鳞藻科 Mallomonaceae——鱼鳞藻属 *Mallomonas*（图 3-49,3）

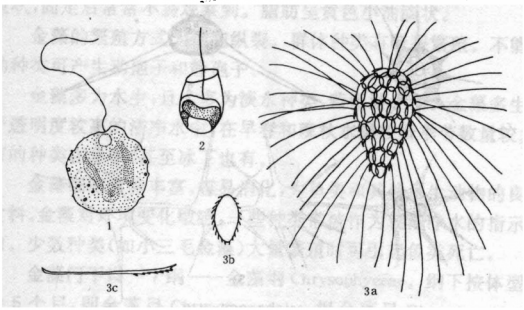


图 3-49 1. 变形单鞭金藻 *Chromulina pascheri*；2. 卵形金杯藻 *Kephyrion ovum*；3. 具尾鱼鳞藻 *Mallomonas caudata*（a——植物体；b——鳞片；c——长刺）

17(12) 细胞具 2 条（或 3 条）鞭毛。
18(27) 细胞具 2 条鞭毛。
19(22) 单细胞或群体；表质平滑或具囊壳 …… 棕鞭藻科 Ochromonadaceae
20(21) 植物体多为树状群体；细胞具囊壳 ……
…… 锥囊藻属 *Dinobryon*（图 3-50,1）
21(20) 植物体不为树状群体；细胞不具囊壳 ……
…… 棕鞭藻属 *Ochromonas*（图 3-50,2）
22(19) 植物体为放射状排列的群体；表质外具覆瓦状鳞片及短刺 ……
…… 黄群藻科 Synuraceae
23(24) 鞭毛等长；群体外无胶被 …… 黄群藻属 *Synura*（图 3-51,1）
24(23) 鞭毛不等长；群体外有胶被。
25(26) 各细胞间无“Y”形胶质丝相连 … 拟辐尾藻属 *Uroglenopsis*（图 3-51,2）
26(25) 各细胞间有“Y”形胶质丝相连 …… 辐尾藻属 *Uroglena*（图 3-51,3）

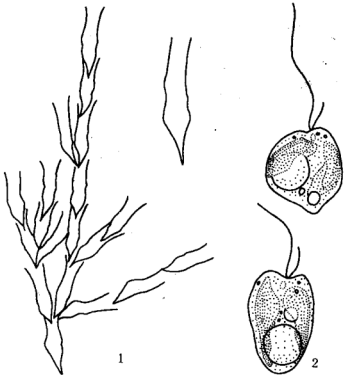


图 3-50　1. 分歧锥囊藻 *Daubryon divergens*；
2. 变形棕鞭藻 *Ochromonas mutabilis*

27(18) 细胞具 3 条鞭毛，2 条长，1 条短 ……
…… 三毛金藻科 Primnesiaceae——三毛金藻属 *Primnesium*（图 3-51，4）
28(1) 不能运动（不具伪足或鞭毛）。
29(30) 植物体为分枝丝状体 …… 金枝藻目 Chrysotrichiales
——金枝藻科 Phaeothamniaceae——金枝藻属 *Phaeothamion*（图 3-52）
30(29) 植物体为单细胞或群体，但不是分枝丝状体。
31(32) 植物体不包埋在胶被中…… 金球藻目 Chrysosphaerales
——金球藻科 Chrysosphaeraceae——附金藻属 *Epichrysis*（图 3-53，1）
32(33) 植物体包埋在胶被中 …… 金囊藻目 Chrysocapsales
33(36) 不定形胶群体，细胞分裂和生长不局限在一定部位 ……
…… 金囊藻科 Chrysocapsaceae
34(35) 群体形状不一定，胶被明显…… 金囊藻属 *Chrysocapsa*（图 3-53，2）
35(34) 群体盘状，胶被不明显 …… 褐球藻属 *Phaeoplaca*（图 3-53，3）

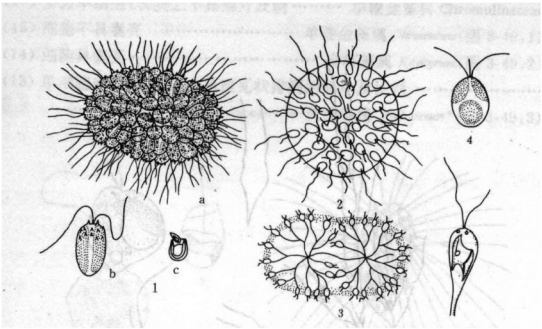


图 3-51　1. 黄群藻 *Synura uvella*（a——植物体；b——单个细胞；c——鳞片）；
2. 美洲拟辐尾藻 *Uroglenopsis americana*；3. 辐尾藻 *Uroglena volvox*；
4. 小三毛金藻 *Primnesium parvum*（a——植物体；b——单个细胞）

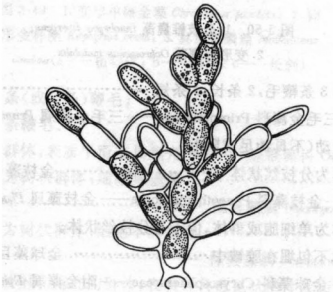


图 3-52　金枝藻 *Phaeothamion confervicola*

36(33) 分枝的胶群体，细胞分裂和生长仅限于群体分枝的顶端；着生……
…… 水树藻科 Hydruraceae——水树藻属 *Hydrurus*（图 3-54）

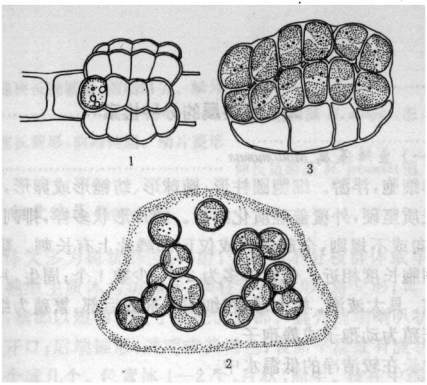


图 3-53　1. 沼生附金藻 *Epichrysis paludosa*；　2. 浮游金囊藻 *Chrysocapsa planctonica*；3. 叶状褐球藻 *Phaeoplaca thallosa*

图 3-54　水树藻 *Hydrurus foetidus*
1. 植物体；2. 部分植物体放大

二、重要属的分种检索

（一）鱼鳞藻属 *Mallomonas*

单细胞，浮游。细胞圆柱形、椭球形、纺锤形或卵形，横断面圆形。表质坚硬，外覆盖硅质化鳞片。鳞片形状多样，排列方式有横向、斜向或不规则，全部鳞片或仅顶部鳞片上有长刺。鞭毛1条，常与细胞长度相近。色素体多为2个，少数1个；周生，片状；常无蛋白核。具大液泡。核大形，在细胞中部或后部，繁殖为细胞纵裂；无性繁殖为动孢子或静孢子。

生长在较洁净的低温水中。

本属种类很多（几十种），鳞片形状是分类的重要依据。

分种检索表

1（2）细胞卵形或梨形，后端延长成尾状 …… 具尾鱼鳞藻 *M. caudata*（图3-49,3）

2（1）细胞长椭圆形或长圆形；后端不延长成尾状。

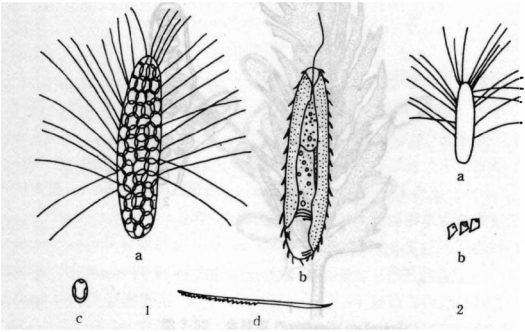


图3-55 1. 延长鱼鳞藻 *M. elongata*（a——外形；b——内部结构；c——鳞片；d——长刺）；2. 伸长鱼鳞藻 *M. producta*（a——外形；b——鳞片）

(2) 细胞狭长椭圆形，前端略尖。鳞片椭圆形 ……
…… 延长鱼鳞藻 *M. elongata*(图 3-55,1)
(3) 细胞长圆形，前端钝圆。鳞片菱形 ……
…… 伸长鱼鳞藻 *M. producta*(图 3-55,2)

(二) 锥囊藻属 *Dinobryon*

植物体大多为树状群体，浮游；少数为不分枝群体或单细胞，细胞原生质体为纺锤形、圆柱形或卵形，易变形；具 2 条不等长鞭毛，基部以短柄着生于囊壳的底部。囊壳前端喇叭状开口，圆筒状开口；后端锥形；透明或黄褐色；表面平滑或有波状起伏。细胞 1 个或几个。色素体 1—2 个，片状，周生。核在中部。白糖体大形球状，在后端；有小油滴。繁殖为细胞纵分裂；也常常形成休眠孢子。

本属为常见的浮游植物，种类较多。分类时主要是依据囊壳的形状。

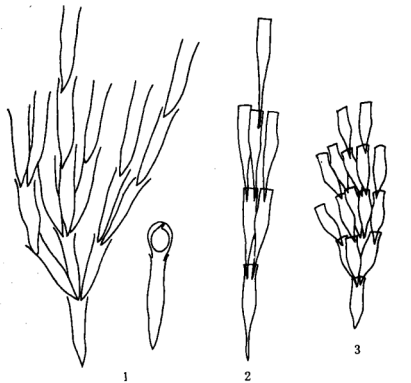


图 3-56 1. 圆筒锥囊藻 *D. cylindricum*(外形及孢子)； 2. 长锥形锥囊藻 *D. bavaricum*； 3. 密集锥囊藻 *D. sertularia*

分种检索表

1(4)囊壳相互分离扩散。

2(3)囊壳壁呈不规则波状起伏 …… 分歧锥囊藻 *D. divergens*(图 3-50,1)

3(2)囊壳壁不呈波状起伏 …… 圆筒锥囊藻 *D. cylindricum*(图 3-56,1)

4(1)囊壳相互靠拢不分离扩散。

5(6)囊壳细长,后端收缩成长柄 … 长锥形锥囊藻 *D. bavaricum*(图 3-56,2)

6(5)囊壳钟形,较粗短,后端收缩短 … 密集锥囊藻 *D. sertularia*(图 3-56,3)

第十节 黄藻门 Xanthophyta

黄藻门藻类的主要特征有以下几点:

(1)光合色素:除叶绿素 a 和 c 外,还含有 β-胡萝卜素和几种叶黄素。其中 β-胡萝卜素含量较高,故色素体多呈黄绿色。

(2)贮藏物质:油脂和白糖素。

(3)细胞壁:单细胞种类的细胞壁常由两个相等或不相等的"U"形半瓣套合组成;丝状或管状种类则由"H"形节片套合组成。细胞壁的构成物质主要是果胶质和纤维质,有时含少量硅质。

(4)鞭毛:运动的种类具有两条顶生的不等长的鞭毛。长的一条伸向前,短的一条常偏向一侧,或向后。

黄藻的色素体为 1 个到多个,盘状、片状,少数为带状或杯状。一般不含蛋白核。

无性繁殖产生动孢子、似亲孢子、不动孢子或厚壁孢子。丝状种类可通过丝体断裂而繁殖。有性繁殖极少见,同配或卵配。

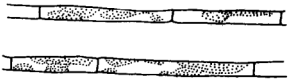
植物体体型有单细胞、群体、丝状体和多核体。能运动的种类不多。

黄藻大多水生,且多为淡水种类。

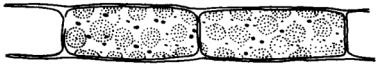
黄藻门下只设一个纲,即黄藻纲(Xanthophyceae)。其中异管藻目(Heterosiphonales)都为气生种类。另外绿胞藻纲(Chloromonadineae)暂附在本门内。

一、分属检索表

1(2) 植物体为丝状体，“H”形细胞壁 …… 异丝藻目 Heterotricales
——黄丝藻科 Tribonemataceae——黄丝藻属 *Tribonema*(图 3-57,1—2)



1



2

图 3-57 1. 近缘黄丝藻 *Tribonema affine*；
2. 囊状黄丝藻 *T. utriculosum*

(1) 植物体为单细胞或群体，非丝状体…… 异球藻目 Heterococales
(16) 植物体为单细胞。
(13) 细胞壁不由“U”形两瓣套合而成。
(6) 植物体着生 ……
…… 拟小桩藻科 Characiopsiaceae
——拟小桩藻属
Characiopsis(图 3-58)
(5) 植物体多为浮游 ……
…… 肋胞藻科 Pleurochloridaceae
(10) 细胞侧扁，顶面观三角形或四角形；细胞壁平滑或具花纹。
(9) 细胞略侧扁，顶面观椭圆形或略呈四角形；色素体 1 个，周生，杯状，上部常裂开为几叶…… 球绿藻属 *Arachnochloris*(图 3-59,1)
(8) 细胞明显侧扁，顶面观三角形或四角形；细胞壁平滑或具小眼孔纹
…… 角绿藻属 *Goniochloris*(图 3-59,2)
(7) 细胞不侧扁，球形或圆柱形；细胞壁平滑。

图 3-58
拟小桩藻 *Characiopsis longipe*

11(12) 细胞球形 …… 拟气球藻属 *Botryiopsis*(图 3-59,3)

12(11) 细胞长椭圆形或圆柱形 …… 单肠藻属 *Monallantus*(图 3-59,4)

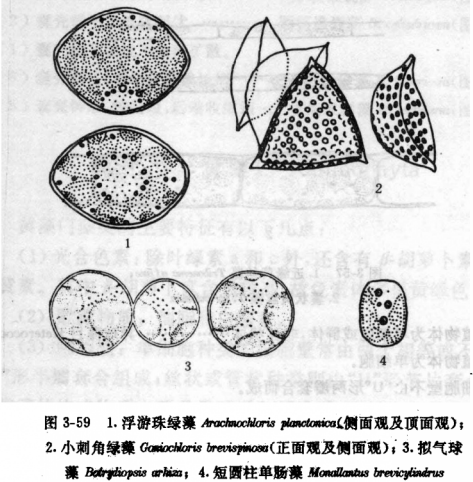


图 3-59 1. 浮游珠绿藻 *Arachnochloris planctonica*(侧面观及顶面观);
2. 小刺角绿藻 *Gamiochloris brevispinosa*(正面观及侧面观); 3. 拟气球藻 *Botryiopsis arhiza*; 4. 短圆柱单肠藻 *Monallantus brevicylindrus*

13(4) 细胞壁由"U"形两瓣套合组成 …… 绿匣藻科 Chlorotheciaceae

14(15) 细胞倒卵形、椭圆形、圆柱形,不具顶刺。细胞无明显的延长生长。具柄,着生种类…… 绿匣藻属 *Chlorothecium*(图 3-60,1—2)

15(14) 细胞长圆柱形,长为宽的几倍,常具顶刺。细胞可明显延长生长。浮游或着生,着生时有时具短柄 …… 黄管藻属 *Ophiocytium*(图 3-60,3—5)

16(3) 植物体为不定形胶群体…… 胶葡萄藻科 Gloeobotrydaceae

17(18) 群体具多数细胞,群体胶被均匀不分层 ……
…… 胶葡萄藻属 *Gloeobotrys*(图 3-61,1)

18(17) 群体具少数细胞(2—4—32 个),群体胶被分层 ……
…… 绿囊藻属 *Chlorobotrys*(图 3-61,2)

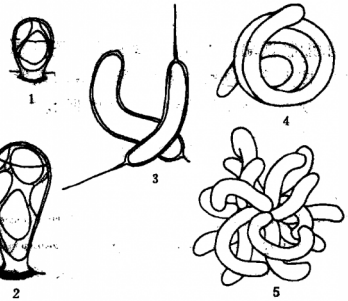


图 3-60　1—2. 绿匣藻 *Chlorothecium pirottae*；
3. 头状黄管藻 *Ophiocytium capitatum*；4—5. 小
型黄管藻 *Ophiocytium parvulum*

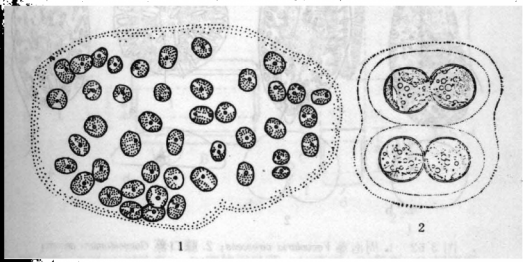


图 3-61　1. 湖生胶葡萄藻 *Gloeobotrys limneticus*；
2. 绿囊藻 *Chlorobotrys regularis*

二、绿胞藻纲 Chloromonadineae

的分类地位未定，暂附在黄藻门内。

体为运动的单细胞，卵形或梨形，背腹纵扁，腹面中央具
鞭毛 2 条，等长或不等长，一条向前，为游泳鞭毛，一条
鞭毛。无眼点。细胞前端具一个大贮蓄泡，与胞咽相

连。胞咽开口于细胞顶端凹入处。贮蓄泡侧边有 1 或 2 个伸缩泡。大多具刺丝胞。核大形。色素体多数，卵形或圆盘形。贮藏物质为油滴。繁殖方法为纵分裂，少数种类形成休眠孢子。

分 属 检 索 表

1（4）鞭毛顶生。
2（3）细胞周质具一层近球形小泡 …… 周泡藻属 *Vacuolaria*（图 3-62,1）
3（2）细胞周质不具小泡 …… 膝口藻属 *Gonyostomum*（图 3-62,2—3）
4（1）鞭毛侧生 …… 束刺藻属 *Merotrichia*（图 3-62,4）

图 3-62 1. 周泡藻 *Vacuolaria virescens*；2. 膝口藻 *Gonyostomum semen*；3. 扁形膝口藻 *Gonyostomum depressum*；4. 束刺藻 *Merotrichia bacillata*（a——正面观；b——顶面观）

第十一节 硅藻门 Bacillariophyta

硅藻的明显特征是它的硅质细胞壁（称为壳体）以及壁上的特殊花纹和形状。壳体由上下两个半壳套合而成，好像一个盒子，上面的盒盖较大，称为上壳；下面的盒底较小，称为下壳。每一半壳又

要部分组成——壳瓣(上下壳的盖板和底板)和壳环(也叫上下壳的侧面的一圈环带)(图 3-63)。上下壳的壳环相连部分特称为"连接带"。有些种类在壳瓣和壳环之间可增加"间生带"。间生带上又可产生与壳面平行向内延伸的隔膜有孔或缝,或偏于一端,形状各异(图 3-64)。

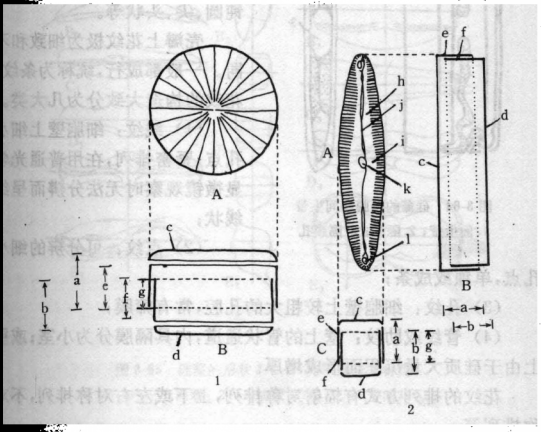


图 3-63 1. 中心纲硅藻; 2. 羽纹纲硅藻 A. 壳面; B. 带面; C. 切顶面
a——上壳; b——下壳; c——上壳瓣(盖板); d——下壳瓣(底板); e——上壳环; f——下壳环; g——连接带; h——中轴区; i——中心区; j——壳缝; k——中央节; l——极节

硅藻从不同的方位去观察硅藻。如果在观察时壳瓣正对观察者称为"壳面(观)",而当壳环正对观察者时,则称为"带面"。中心纲硅藻的壳面大多呈圆形,只有一个带面。羽纹纲硅藻壳面呈圆形,有长轴和短轴,因而有两个不同的带面。一般壳瓣长轴的断面,称为带面;而通过上下壳瓣短轴的断面

则称为短轴面或切顶面(图 3-63 和图 3-65)。

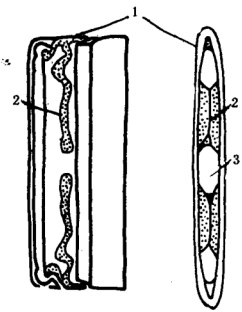


图 3-64 硅藻的隔膜和间生带
1. 间生带；2. 隔膜；3. 隔膜孔

中心纲硅藻壳面大多呈圆形，少数为三角形、多角形或椭圆形。羽纹纲硅藻壳面形状有披针形、菱形、舟形、新月形等(图 3-65)。壳面两端的形状有钝圆、尖、头状等。

壳瓣上花纹极为细致和不同。一般都成行，统称为条纹。花纹的构造大致分为几大类。

(1) 线纹：细胞壁上细小孔点，紧密排列，在用普通光学显微镜观察时无法分辨而呈细线状；

(2) 点纹：可分辨的细小孔点，单独或成条；

(3) 孔纹：细胞壁上较粗大的孔腔，常有筛膜；

(4) 管纹或肋纹：壁上的管状通道，内具隔膜分为小室；或壁上由于硅质大量沉积而形成增厚。

花纹的排列方式有辐射对称排列，上下或左右对称排列，不对称排列等。

在壳瓣的中部或偏于一侧有一条纵向的无花纹的平滑区，称为中轴区。中轴区的中间部分完全没有花纹或花纹较短，这个平滑区称为中心区。中心区的中央由于壳内壁增厚而形成一个中央节。在壳的两端也有增厚处，称为极节。沿中轴区中间常有一条纵向裂缝，使细胞可与外界沟通，而在中央节处断开，称为壳缝(图 3-63, 2A)。有些种类无壳缝，中轴区很窄，镜检时好似有一条壳缝，称为假壳缝(图 3-66,1)。大多数种类的上、下壳瓣上各有一条壳缝，而有的种类在一个壳瓣上是真壳缝，另一壳瓣上是假壳缝。

有的种类的壳缝构造相当复杂，是一条管沟，管沟有狭缝与

外界相通，而内壁则有一列小孔与细胞内相通，这称为管壳缝（图366,2）。

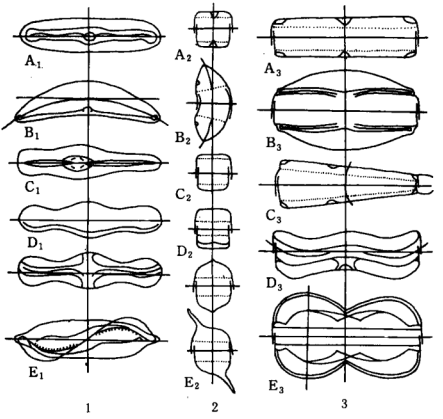


图 3-65　硅藻的形状　A—E 为不同硅藻种类；
1——壳面观；2——切顶面观；3——带面观

在鉴定硅藻的种类时，为了观察清楚壳体的形状和结构以及壳上的花纹等，样品需经特殊处理以去除细胞内含物。处理方法见本书附录。

硅藻的色素除叶绿素 a 和 c 外，还有 β-胡萝卜素和几种叶黄素。色素体呈黄褐色或黄绿色。同化产物主要是脂肪，呈反光较强的小球状。

硅藻有营养繁殖、无性繁殖和有性繁殖三种方式。最常见的是细胞分裂，核分裂后，各靠近上、下壳，母细胞的上、下壳分别成为两个新细胞的上壳，然后新细胞各自长出自己的新的下壳。所以两个子细胞的壳体大小不相等。一个子细胞壳体与母细胞壳体相等，

而另一个子细胞(以母细胞的下壳作为自己上壳的)较小。

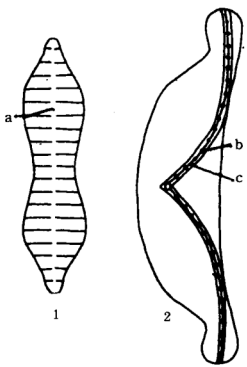


图 3-66 1.假壳缝;2.管壳缝(壳上花纹省略)a——中轴区(假壳缝);b——小孔;c——狭缝

通过无性(细胞膨大)或有性方式(配子结合)可产生复大孢子。复大孢子可萌发形成新细胞,并有使细胞恢复原来大小的作用。

硅藻细胞还可形成许多小孢子,小孢子可有鞭毛或无鞭毛。

在环境不利时,可形成厚壁的休眠孢子。

硅藻分布广泛,是常见的浮游植物,数量有时可很多,可形成水华。也有不少着生种类,可成为偶然性浮游植物。

硅藻是许多鱼类和其他水生动物的优良食物。在人工养殖经济水产生物时,硅藻常被大量培养作为幼期饵料。在环境监测中,硅藻也有重要作用。人工基质法监测水质时,大多根据硅藻的种类和数量监测。

因硅藻壳体易被保存下来,所以硅藻的壳体和化石常被用来鉴定地层、推断古环境条件等。硅藻土可工业利用。

硅藻门下分两个纲,主要依据壳体形态和花纹,即中心纲(Centricae)和羽纹纲(Pennacae)。

一、分属检索表

1(12) 壳面花纹辐射状排列;壳面圆形到卵圆形;无壳缝或假壳缝…… 中心纲 Centricae

2(5) 细胞具角状突起或棘刺。

3(4) 细胞盒形,常侧扁;壳面椭圆形;具两角状突起,具长棘刺;带面可见

许多环状间生带 …… 盒形藻目 Biddulphiales

——盒形藻科 Biddulphicaceae——四棘藻属 *Attheya*(图 3-67,1)

(3)细胞长圆柱形;壳面舟形或长圆锥形;上下壳各具 1 根长棘刺;带面可见许多鳞片状或领状间生带 …… 根管藻目 Rhizoleniales

——管形藻科 Solenicaceae——根管藻属 *Rhizosolenia*(图 3-67,2)

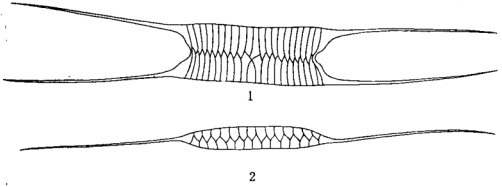


图 3-67 1. 扎卡四棘藻 *Attheya zachariasi*; 2. 长刺根管藻 *Rhizolenia longiseta*(均带面观)

(2)细胞无角状突起或棘刺……

…… 圆筛藻目 Coscinodiscales——圆筛藻科 Coscinodiscaceae

(7)细胞长圆柱形,常连成或长或短的链丝 ……

…… 直链藻属 *Melosira**(图 3-68)

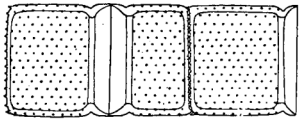


图 3-68 岛直链藻 *M. islandica*(带面观)

(6)细胞圆盒形、短圆柱形或鼓形,单细胞,极少连成疏松的链丝。

(10)壳面边缘部分与中央部分的花纹不同,明显断开 ……

…… 小环藻属 *Cyclotella**(图 3-69,1)

(8)壳面边缘部分与中央部分的花纹不明显断开。

(11)壳面具束状的辐射状点纹,中央部分点纹为单列,到壳的边缘为多列;每束点纹间有平滑的间隙,末端(近壳缘)有一短粗刺 ……

…… 冠盘藻属 *Stephanodiscus*(图 3-69,2)

11(10) 壳面花纹为细点纹或粗网眼纹，不呈束状排列，也无平滑间隙……
…… 圆筛藻属 *Coscinodiscus*(图 3-69,3)

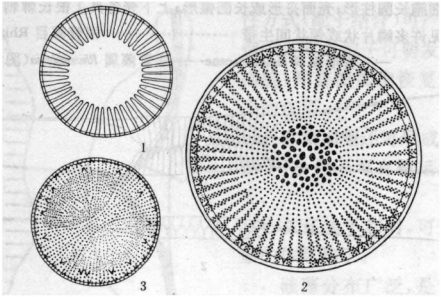


图 3-69 1. 梅尼小环藻 *Cyclotella meneghiniana*； 2. 星形冠盘藻 *Stephanodiscus astraea*； 3. 湖沼圆筛藻 *Coscinodiscus lacustris*；(1—3 均壳面观)

12(1) 壳面花纹排列左右对称，似羽纹状，有壳缝或假壳缝……
…… 羽纹纲 Pennatae
13(28) 壳面只有假壳缝…… 无壳缝目 Araphidionales
14(17) 细胞具粗隔膜…… 平板藻科 Tabellariaceae
15(16) 隔膜弯曲，短 …… 四环藻属 *Tetracyclus*(图 3-70,1)
16(15) 隔膜直，长 …… 平板藻属 *Tabellaria*(图 3-70,2)

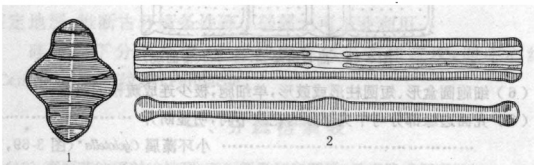


图 3-70 1. 湖沼四环藻 *Tetracyclus lacustris*； 2. 窗格平板藻 *Tabellaria fenestrata*(带面和壳面)

17(14) 细胞不具粗隔膜 …… 脆杆藻科 Fragilariaceae

(17) 壳面具粗横肋纹和细线纹。

(20) 细胞两端等宽，两侧及两极对称 …… 等片藻属 *Diatoma**（图 3-71,1）

(19) 细胞两端不等宽，带面和壳面均呈楔形 ……

…… 扇形藻属 *Meridion*（图 3-71,2）

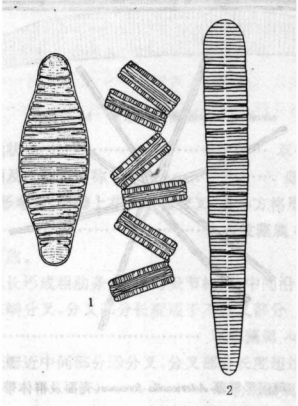


图 3-71　1. 普通等片藻 *Diatoma vulgare*（壳面及群体带面）；　2. 环状扇形藻 *Meridion circulare*

(18) 壳面不具粗横肋纹，仅具细线纹。

(23) 细胞两端不对称，一端较宽，连成星芒状群体……

…… 星杆藻属 *Asterionella*（图 3-72）

(22) 细胞两端对称。

(25) 壳面弯曲呈弓形（极少呈直线形），腹侧中部有凸出的“假节” ……

…… 蛾眉藻属 *Ceratoneis*（图 3-73,1）

(24) 壳面不弯曲，无“假节”。

(27) 细胞连成长带状群体① …… 脆杆藻属 *Fragilaria**（图 3-73,2）

---

① 群体形状特征在固定和制片后丧失，应在生活状态观察，否则与针杆藻属极易混淆。

27(26) 细胞不连成长带群体，常簇生呈辐射状群体 ……
…… 针杆藻属 *Synedra**（图 3-73,3）

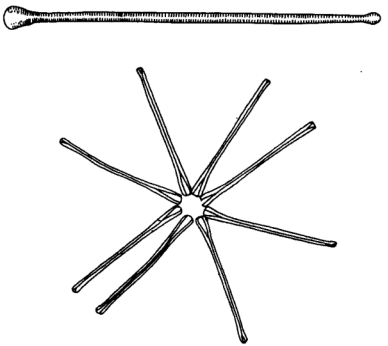


图 3-72 美丽星杆藻 *Asterionella formosa*（壳面及群体带面）

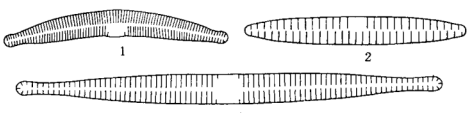


图 3-73 1. 弧形蛾眉藻 *Ceratoneis arcus*； 2. 中型脆杆藻 *Fragilaria intermidia*； 3. 肘状针杆藻 *Synedra ulna*

28(13) 上下壳的壳瓣都具真壳缝；或只一个壳瓣具真壳缝，而另一壳瓣上具假壳缝。

29(72) 两壳瓣上都具真壳缝。

30(31) 壳缝不发达，很短，仅位于壳瓣两端一侧……

…… 短壳缝目 Raphidionales——短壳缝科 Eunotiaceae
——短壳缝属 *Eunotia*(图 3-74)

(30) 壳缝发达。

图 3-74 篦形短缝藻 *Eunotia pectinalis*

(59) 壳缝呈线状 …… 双壳缝目 Biraphidinalrs

(52) 壳面两端及两侧均对称 …… 舟形藻科 Naviculaceae

(35) 壳面"S"形弯曲,壳瓣上花纹纵横交叉,成小方格形 ……
…… 布纹藻属 *Gyrosigma*(图 3-75,1)

(34) 壳面不弯曲。

(39) 中央节延长形成粗肋条,末端与极节相连,中间沿壳缝两侧分叉。

(38) 肋条在末端分叉,分叉部分长度短于不分叉部分 ……
…… 双肋藻属 *Amphipleura*(图 3-75,2)

(37) 肋条在壳瓣近中间部分即分叉,分叉部分长度超过不分叉部分 ……
…… 肋缝藻属 *Frustulia*(图 3-75,3)

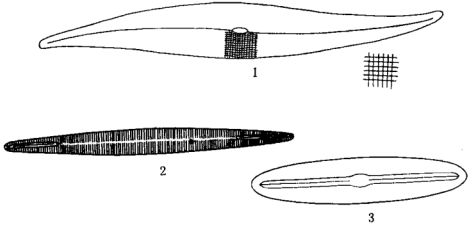


图 3-75 1. 尖布纹藻 *Gyrosigma acuminatum*(壳面及花纹);2. 透明双肋藻 *Amphipleura pellucida*;3. 微绿肋缝藻 *Frustulia viridula*

(36) 中央节不延长形成沿壳缝两侧分叉的粗肋条。

(41) 壳缝两侧有由中央节侧缘延长形成的角状突起,突起外侧有线形到披

针形的纵沟，纵沟外侧为横肋纹或线纹 ……

…… 双壁藻属 *Diploneis*（图 3-76,1）

41(40) 壳缝两侧没有角状突起；如有突起也无纵沟。

42(43) 壳缝的中央节前后的垂直管向相反方向弯曲……

…… 长篦藻属 *Neidium*（图 3-76,2）

43(42) 壳缝的中央节前后的垂直管不向相反方向弯曲。

44(47) 壳瓣的横花纹上有 1 条到多条纵线纹或纵空白条带穿过。

45(46) 壳瓣上有纵线纹，直，靠近壳两侧 …… 美壁藻属 *Caloneis*（图 3-76,3）

46(45) 壳瓣上有空白条带，波浪形弯曲 … 异菱藻属 *Anomoeoneis*（图 3-76,4）

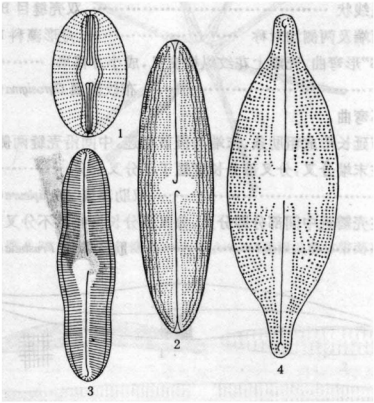


图 3-76 1. 卵圆双壁藻 *Diploneis ovalis*； 2. 彩虹长篦藻 *Neidium iridis*；
3. 短角美壁藻 *Caloneis silicula*； 4. 圆孔异菱藻 *Anomoeoneis sphaerophora*

47(44) 壳瓣上无纵线纹或纵空白条带。

48(49) 中心区增厚，形成辐节，一直扩展到壳瓣的两侧……

…… 辐节藻属 *Stauroneis**（图 3-77,1）

49(48) 中心区不增厚；如形成辐节也不扩展到壳瓣的两侧。

50(51) 壳瓣具平滑的横肋纹，肋纹系一管沟，常有肋膜分隔为小室……

…… 羽纹藻属 *Pinnularia**（图 3-77,2）

具横点纹或横线纹…… 舟形藻属 *Navicula**(图 3-77,3)

面两端或两侧不对称。

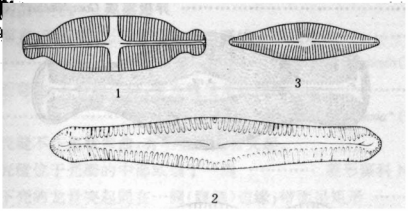


图 3-77 1. 矮小辐节藻 *Stauroneis pygmaea*； 2. 弯羽纹藻 *Pinnularia gibba*； 3. 简单舟形藻 *Navicula simplex*

0) 壳面两侧不对称 …… 桥弯藻科 Cymbellaceae

5) 带面两侧外凸 …… 双眉藻属 *Amphora*(图 3-78,1)

4) 带面两侧平行…… 桥弯藻属 *Cymbella**(图 3-78,2)

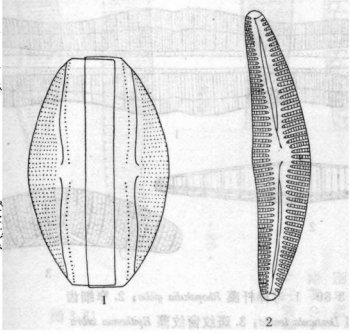


图 3-78 1. 卵圆双眉藻 *Amphora ovalis*(带面)；
2. 微细桥弯藻 *Cymbella parva*(壳面)

壳面两端不对称 …… 异极藻科 Gomphonemaceae

壳面两端不对称；两侧也略有不对称；横条纹由粗点纹组成……

…… 双楔藻属 *Didymosphenia*(图 3-79,1)

58(57) 壳面两端不对称,横条纹由细点纹组成 ……

…… 异极藻属 *Gomphonema**(图 3-79,2)

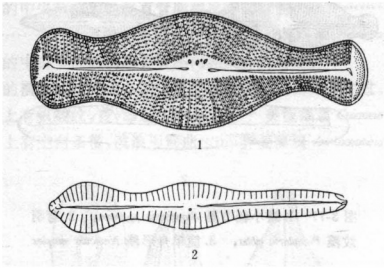


图 3-79 1. 双生双楔藻 *Didymosphenia geminata*;
2. 尖异极藻 *Gomphonema acuminatum*

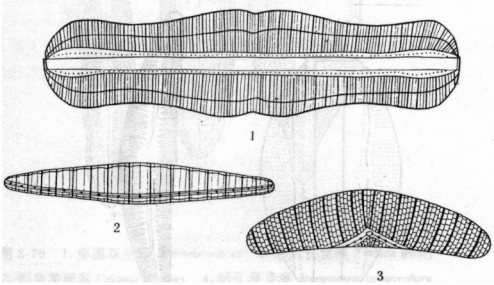


图 3-80 1. 弯棒杆藻 *Rhopalodia gibba*; 2. 窄细齿藻 *Denticula tenuis*; 3. 斑纹窗纹藻 *Epithemia zebra*

59(32) 真壳缝发育为管壳缝 …… 管壳缝目 Aulonoraphidinales

60(65) 管壳缝常在壳面上作角状曲折或位于背侧边缘,无龙骨突起或不明显

…… 窗纹藻科 Epithemiaceae

61(62) 壳面大多弓形,管壳缝位于背侧边缘的龙骨上,内壁没有通入细胞内

……龙骨点)………………………… 棒杆藻属 *Rhopalodia*(图 3-80,1)

……弓形或弧形弯曲；龙骨不明显或完全没有；管壳缝内壁有通入细……的小孔。

……面直，无背腹之分；管壳缝位于壳体一侧或边缘…………………………………………………… 细齿藻属 *Denticula*(图 3-80,2)

……面弯曲，有背腹之分；管壳缝呈角状曲折…………………………………………………… 窗纹藻属 *Epithemia**(图 3-80,3)

……管壳缝不作角状弯曲，有明显的龙骨突起。

……管壳缝位于壳瓣的中部或偏于一侧 ………… 菱形藻科 Nitzschiaceae

……上下壳的龙骨突起同在一侧(腹侧)边缘；带面呈矩形 ………………………………………………………… 菱板藻属 *Hantzschia*(图 3-81,1)

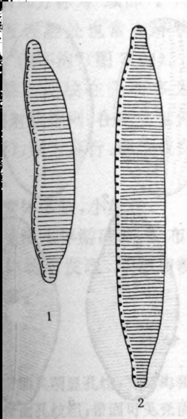


图 3-81

1. *Hantzschia amphioxys*；
2. ……藻 *Nitzschia palea*

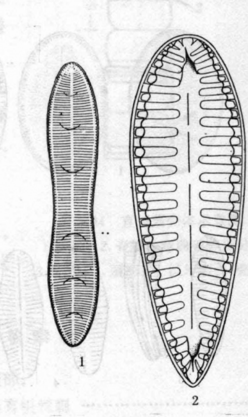


图 3-82

1. 草鞋形波缘藻 *Cymatopleura solea*；
2. 端毛双菱藻 *Surirella capronii*

……突起彼此交叉相对，在上下壳中部或边缘的对角位置(非……)……带面呈菱形或披针形 …… 菱形藻属 *Nitzschia**(图 3-81,2)

69(66) 管壳缝围绕整个壳缘 …… 双菱藻科 Surirellaceae

70(71) 壳面横向上下波状起伏，带面也呈明显波状 ……

…… 波缘藻属 *Cymatopleura*(图 3-82,1)

71(70) 壳面无横向上下起伏…… 双菱藻属 *Surirella*(图 3-82,2)

72(29) 只一壳瓣上具真壳缝，另一壳瓣上为假壳缝 ……

…… 单壳缝目 Monoraphidinales——曲壳藻科 Achnanthaceae

73(74) 单细胞，壳面宽椭圆形，不具胶质柄……

…… 卵形藻属 *Cocconeis*(图 3-83,1-2)

74(73) 常为群体，壳面线形或披针形，具胶质柄。

75(76) 壳面两端不对称…… 弯楔藻属 *Rhoicosphenia*(图 3-83,3)

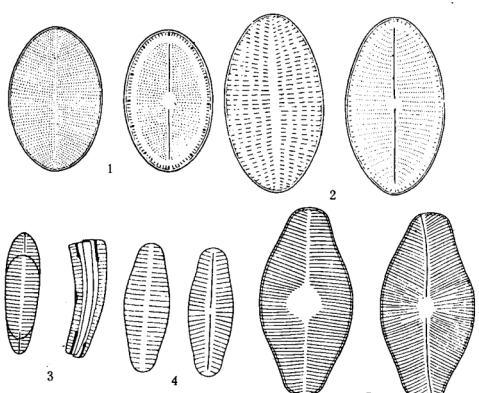


图 3-83 1. 扁圆卵形藻 *Cocconeis placentula*； 2. 扁圆形卵圆藻多孔变种 *C. placentula* var. *euglypta*； 3. 弯形弯楔藻 *Rhoicosphenia curvata*； 4. 比索曲壳藻 *Achnanthes biasolettiana*； 5. 弯曲真卵形藻 *Eucocconeis flexella*(3 为壳面和带面；其余为上壳和下壳)

(5) 壳面两端对称。

(8) 真壳缝和假壳缝均直 …… 曲壳藻属 *Achnanthes*(图 3-83,4)

(7) 真壳缝呈"S"形弯曲,假壳缝直…… 真卵形藻属 *Eucocconeis*(图 3-83,5)

二、重要属的分种检索

(一) 直链藻属 *Melosira*

细胞由壳面相互连接成链丝状。壳体圆柱形,少数情况下简状或盘状。壳瓣常明显向带面弯曲延伸,大多种类紧接有一环状缢痕,称为"环沟"。两半壳相连接的环沟间的部分称为"颈部"。两细胞间相互连接处也常有环状缢痕,称为"假环沟"(图 3-84)。

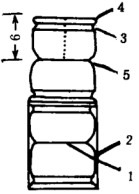


图 3-84 直链藻壳体示意图
1. 壳瓣; 2. 壳瓣的弯曲延伸部分; 3. 环沟; 4. 颈部; 5. 假环沟; 6. 壳高

壳瓣上花纹在壳面多为孔纹,呈辐射状排列;在弯曲延伸部分(带面),则为直行、螺旋或交叉状排列。

色素体多数,小盘状。

常见淡水浮游硅藻,分布广,各种水体均可发现,早春和晚秋数量较多。

分种检索表

1(6) 带面具明显孔纹;有环沟和颈部。

2(3) 带面孔纹粗;带面可见壳顶端有粗棘刺 ……
…… 颗粒直链藻 *M. granulata*(图 3-85)

3(2) 带面孔纹细;带面不见壳顶端有粗棘刺。

4(5) 带面孔纹直行排列 …… 岛直链藻 *M. islandica*(图 3-68)

5(4) 带面孔纹螺旋状排列 …… 意大利直链藻 *M. italica*(图 3-86,1)

6(1) 带面无花纹,或花纹极细;无环沟和颈部……
…… 变异直链藻 *M. varians*(图 3-86,2)

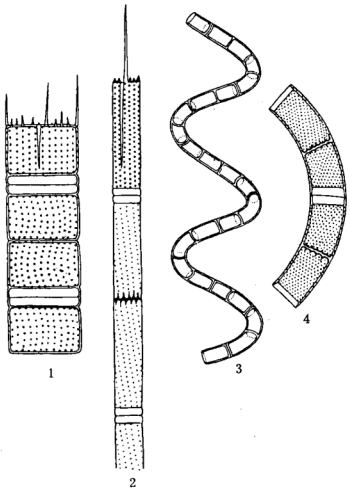


图 3-85　1. 颗粒直链藻 *M. granulata*；　2. 颗粒直链藻最窄变种 *M. granulata* var. *angustissima*；3—4. 颗粒直链藻最窄变种螺旋变型 *M. grenuleta* var. *angustissima f. spiralis*

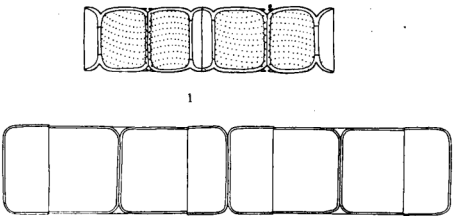


图 3-86　1. 意大利直链藻 *M. italica*；　2. 变异直链藻 *M. varians*

（二）小环藻属 *Cyclotella*

特征

单细胞，少数种类壳面互相连接成直的或螺旋状的链丝，或包被中。细胞圆盒形、短圆柱形或鼓形。壳面圆形，少数种类椭圆，常具同心圆的或与切线平行的波状皱褶。壳面边缘有放射排列的孔纹或线纹，中央部分平滑或具放射状排列孔纹。带面平滑，没有间生带。

色素体多数，小盘状。

常见浮游硅藻，早春时常大量出现。

分种检索表

(1) 壳面边缘部分的长线纹间无粗短线纹。

(3) 中心区具星状排列的短肋纹 …… 具星小环藻 *C. stelligera*（图 3-87，1）

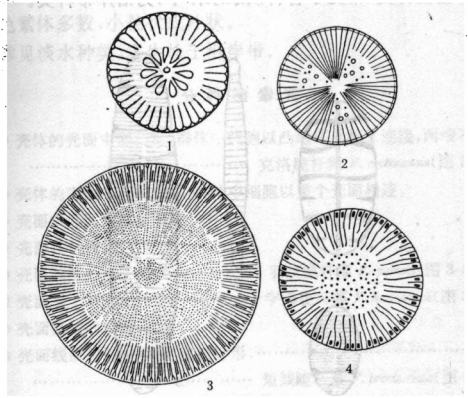


图 3-87　1. 具星小环藻 *C. stelligera*；2. 科曼小环藻 *C. comensis*；3. 广缘小环藻 *C. bodanica*；4. 扭曲小环藻 *C. comta*

3（2）中心区无星状排列的肋纹。

4（5）中心区平滑，有时具极细的点或放射状线纹，边缘具粗而平滑的楔状肋纹…… 梅尼小环藻 *C. meneghiniana*（图 3-69,1）

5（4）中心区具不规则的点或放射状线纹，边缘具细线纹 ……

…… 科曼小环藻 *C. comensis*（图 3-87,2）

6（1）壳面边缘部分的长线纹间具粗短线纹。

7（8）细胞大型，中心区点纹密集 …… 广缘小环藻 *C. bodanica*（图 3-87,3）

8（7）细胞小型，中心区点纹稀疏 …… 扭曲小环藻 *C. comta*（图 3-87,4）

（三）等片藻属 *Diatoma*

细胞常连接成带状或锯齿状群体。壳面披针形或线形，有些种类两端略膨大，末端钝圆。假壳缝狭。带面长方形，有时有间生带。壳面和带面具肋纹及细线纹。色素体小粒状。

普生性种类，常见于各种淡水水体中，为沿岸带种类。

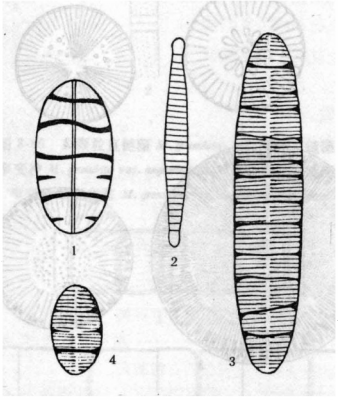


图 3-88　1. 普通等片藻卵圆变种 *D. vulgare* var. *ovalis*；2. 长等片藻 *D. elongatum*；3. 冬季等片藻 *D. hiemale*；4. 冬季等片藻小型变种 *D. hiemale* var. *mesodon*

分种检索表

(4) 群体曲尺链状；壳面横肋纹细(10 微米内多于 6 条) ……
(3) 壳体厚。壳面椭圆形到宽披针形……
…… 普通等片藻 *D. vulgare*(图 3-71,1；图 3-88,1)
(2) 壳体薄；壳面细长线形；两端略膨大……
…… 长等片藻 *D. elongatum*(图 3-88,2)
(1) 群体带状；壳面横肋纹粗(10 微米内少于 6 条) ……
…… 冬季等片藻 *D. hiemale*(图 3-88,3—4)

(四) 脆杆藻属 *Fragilaria*

细胞常互相连接成长带状群体，少数呈"Z"状群体。壳面长披针形到细长线形，少数椭圆形到菱形；中部膨大或收缢。花纹为细线纹或点纹，假壳缝线形。带面长方形。

色素体多数，小粒状或片状。

常见淡水种类，多生长于沿岸带。

分种检索表

(2) 壳体的壳面中部凸起，群体中细胞以凸起部分相互连接，两端不相连
…… 克洛脆杆藻 *F. crotonensis*(图 3-89,1)
(1) 壳体的壳面中部不凸起，群体中细胞以整个壳面相连。
(12) 壳面中心区两侧具线纹。
(7) 壳面具粗线纹。
(6) 壳面椭圆形或三角形 …… 羽纹脆杆藻 *F. pinnata*(图 3-89,2-4)
(5) 壳面呈十字形…… 十字形脆杆藻 *F. harrissonii*(图 3-89,5)
(4) 壳面具细线纹。
(9) 壳面线纹很短，中轴区宽披针形 ……
…… 短线脆杆藻 *F. brevistriata*(图 3-89,6)
(8) 壳面线纹长，中轴区线形或线形披针形。
(11) 壳面两侧平行或略凸出 …… 变异脆杆藻 *F. virescens*(图 3-89,7-8)
(10) 壳面两侧明显凸出(膨大) … 连接脆杆藻 *F. construens*(图 3-89,9-11)
(3) 壳面中心区两侧或一侧无线纹。

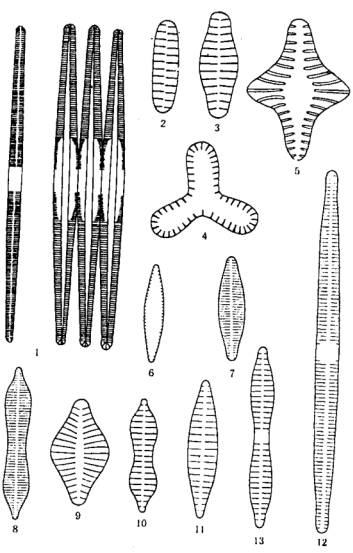


图 3-89　1. 克洛脆杆藻 *F. crotonensis*；　2. 羽纹脆杆藻 *F. pinnata*；3. 羽纹脆杆藻披针形变种 *F. pinnata* var. *lanzettula*；4. 羽纹脆杆藻三角形变种 *F. pinnata* var. *trigona*；5. 十字形脆杆藻 *F. harrissonii*；6. 短线脆杆藻 *F. brevistriata*；7. 变异脆杆藻 *F. virescens*；8. 变异脆杆藻中狭变种 *F. virescens* var. *mesolepta*；9. 连结脆杆藻 *F. construens*；10. 连结脆杆藻双结变种 *F. construens* var. *venter*；11. 钝脆杆藻 *F. capucina*；12. 钝脆杆藻中狭变种 *F. capucina* var. *mesolepta*

…中心区两侧均无线纹 …… 钝脆杆藻 *F. capucina*(图 3-89,12—13)

…中心区一侧无线纹 …… 中型脆杆藻 *F. intermedia*(图 3-73,2)

…) 针杆藻属 *Synedra*

…胞长杆形。浮游种类为单细胞或为放射状群体,着生种类为…或扇状群体。壳面线形或长披针形,中间到两端略渐变狭或…

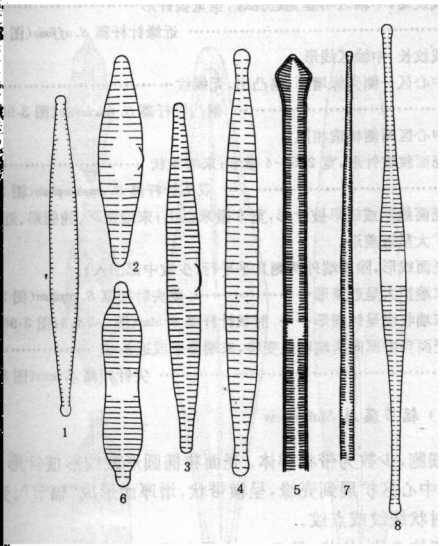


图 3-90 1. 近缘针杆藻 *S. affinis*; 2. 偏凸针杆藻 *S. vaucheriae*; 3. 偏凸针杆藻小头变种 *S. vaucheriae* var. *capitellata*; 4. 双头针杆藻 *S. amphicephala*; 5. 菱头针杆藻 *S. capitata*; 6. 肘状针杆藻窄变种 *S. ulna* var. *contracta*; 7. 肘状针杆藻狭细变种 *S. ulna* var. *danica*; 8. 尖针杆藻 *S. acus*

等宽。壳面花纹为横线纹或点纹，壳面中间为无花纹中轴区。带面长方形，无间生带和隔膜。

色素带状，2 个，具蛋白核。

本属分布广泛，浮游或着生。

分 种 检 索 表

1（2）线纹短，中轴区明显宽近壳缘，呈宽披针形…… 近缘针杆藻 *S. affinis*（图 3-90,1）

2（1）线纹长，中轴区线形。

3（4）中心区一侧壳缘增厚，略凸出，无线纹…… 偏凸针杆藻 *S. vaucheriae*（图 3-90,2—3）

4（3）中心区两侧构造相同。

5（6）壳面狭披针形，宽 2.5—4 微米；末端头状 …… 双头针杆藻 *S. amphicephala*（图 3-90,4）

6（5）壳面线形或线形披针形，宽 5 微米以上；末端圆形、钝圆形、近头状或扩大呈近菱形。

7（10）壳面线形，除末端外两侧几乎平行（少数中部凹入）。

8（9）末端扩大呈近菱形…… 菱头针杆藻 *S. capitata*（图 3-90,5）

9（8）末端收缢呈钝圆形…… 肘状针杆藻 *S. ulna*（图 3-73,3；图 3-90,6—7）

10（7）壳面自中部向两端明显变狭，末端圆形或近头状 …… 尖针杆藻 *S. acus*（图 3-90,8）

（六）辐节藻属 *Stauroneis*

单细胞，少数为带状群体。壳面狭椭圆形或线形披针形。中轴区极狭；中心区扩展到壳缘，呈横带状，增厚而形成“辐节”。壳面花纹呈放射状线纹或点纹。

色素体 2 块，片状，具 2—4 个蛋白核。

分 种 检 索 表

1（4）细胞两端具隔膜。

2（3）壳面两侧边缘具 3 个波纹状弯曲 … 窄缝辐节藻 *S. smithii*（图 3-91,1）

3（2）壳面两侧边缘无波纹状弯曲 …… 尖辐节藻 *S. acuta*（图 3-91,2）

(1) 细胞两端无隔膜。

(6) 壳面线形，两侧平行，末端喙状 …… 矮小辐节藻 *S. pygmaea*(图 3-77,1)

(5) 壳面披针形或椭圆披针形至线形披针形。

(8) 壳面披针形，两端钝圆至平截形 ……

…… 紫心辐节藻 *S. phoenicenteron*(图 3-91,3)

(7) 壳面椭圆披针形至线形披针形，两端延长，末端略呈头状……

…… 双头辐节藻 *S. anceps*(图 3-91,4—5)

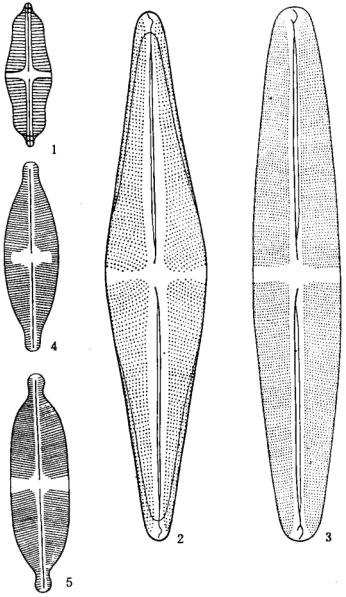


图 3-91 1. 窄缝辐节藻 *S. smithii*； 2. 尖辐节藻 *S. acuta*；
3. 紫心辐节藻 *S. phoenicenteron*； 4. 双头辐节藻 *S. anceps*；
5. 双头辐节藻线形变型 *S. anceps* f. *linearis*

（七）舟形藻属 *Navicula*

单细胞；壳面大多线形、披针形或椭圆形，少数菱形；末端圆形、尖形、喙形或头形。壳面花纹为点纹、孔纹或线纹。壳缝明显，具中央节和极节。

色素体片状，大多 2 块，少数 1 块或多数。

此属硅藻种类极多，淡水、半咸水和海水中均有。淡水中在各种类型水体都有分布，多为浮游种类，沿岸带常见。

分种检索表

1（4）壳面线纹交叉。

2（3）3 条线纹有规则地交叉，形成窝孔状的花纹 …… 圆环舟形藻 *N. placenta*（图 3-92，1）

3（2）纵横两种线纹垂直交叉，形成布纹状的花纹 …… 尖头舟形藻 *N. cuspidata*（图 3-92，2—3）

图 3-92　1. 圆环舟形藻 *N. placenta*；　2. 尖头舟形藻 *N. cuspidata*；
3. 尖头舟形藻西顶变种 *N. cuspidata* var. *ambigua*

4（1）壳面线纹不交叉，相互平行。

5（6）线纹与壳面短轴平行排列 …… 嗜盐舟形藻 *N. halophila*（图 3-93，1）

6（5）横线纹放射状排列。

线纹全部呈放射状排列。

末端具横线纹。

9 中心区圆形至略横椭圆形。

8 中心区小。

壳面披针形 …… 简单舟形藻 *N. simplex*(图 3-77,3)

11) 壳面椭圆形或线形。

14) 壳面椭圆形 …… 英吉利舟形藻 *N. anglica*(图 3-93,2)

13) 壳面线形 …… 凸出舟形藻 *N. protracta*(图 3-93,3)

10) 中心区较大。

17) 壳面线形披针形,末端钝圆 ……

…… 长圆舟形藻 *N. oblonga*(图 3-93,4)

16) 壳面椭圆披针形,两端略延长,末端钝喙状……

…… 扁圆舟形藻 *N. placentula*(图 3-93,5)

9) 中心区横矩形或横向放宽。

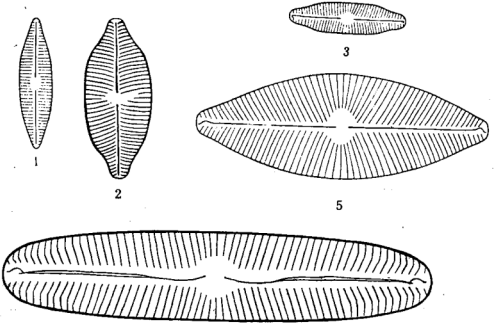


图 3-93 1. 嗜盐舟形藻 *N. halophila*; 2. 英吉利舟形藻 *N. anglica*; 3. 凸出舟形藻 *N. protracta*; 4. 长圆舟形藻 *N. oblonga*; 5. 扁圆舟形藻 *N. placentula*

26) 中心区横矩形。

) 壳面线形椭圆形。

21(22) 末端头状 …… 雪生舟形藻 *N. nivalis*(图 3-94,1)

22(21) 末端钝圆形…… 最小舟形藻 *N. minima*(图 3-94,2)

23(20) 壳面椭圆披针形或线形至线形披针形。

24(25) 壳面椭圆披针形 …… 双球舟形藻 *N. amphibola*(图 3-94,3)

25(24) 壳面线形至线形披针形 …… 双头舟形藻 *N. dicephala*(图 3-94,4—5)

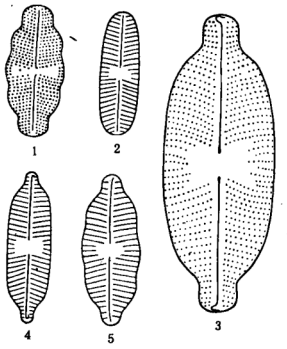


图 3-94 1. 雪生舟形藻 *N. nivalis*； 2. 最小舟形藻 *N. minima*；
3. 双球舟形藻 *N. amphibola*； 4. 双头舟形藻 *N. dicephala*； 5. 双头舟形藻波边变种 *N. dicephala* var. *neglecta*

26(19) 中心区横向放宽或略横向放宽。

27(28) 中心区略横向放宽，壳体两侧边缘各具两凸起 ……
…… 双结舟形藻 *N. binodis*(图 3-95,1)

28(27) 中心区横向放宽，壳体两侧缘无两凸起。

29(30) 壳缝略偏离壳面中轴 …… 罗泰舟形藻 *N. rotaeana*(图 3-95,2)

30(29) 壳缝不偏离壳面中轴。

31(32) 末端略呈头状 …… 短小舟形藻 *N. exigua*(图 3-95,3)

32(31) 末端广圆、略平或宽、钝喙状。

33(34) 末端广圆、略平 …… 椭圆舟形藻 *N. schonfeldii*(图 3-95,4)

34(33) 末端宽、钝喙状 …… 狭轴舟形藻 *N. verecunda*(图 3-95,5)

末端无横线纹。

中心区圆形 …… 杆状舟形藻 *N. bacillum*(图 3-96,1)

中心区横矩形 …… 瞳孔舟形藻 *N. pupula*(图 3-96,2-4)

中部横线纹呈放射状排列,两端则斜向极节。

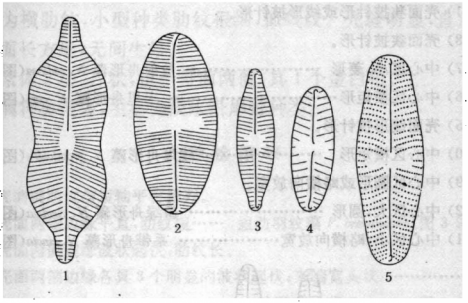


图 3-95 1. 双结舟形藻 *N. binodis*; 2. 罗泰舟形藻 *N. rotaeana*; 3. 短小舟形藻 *N. exigua*; 4. 椭圆舟形藻 *N. schoenfeldii*; 5. 狭轴舟形藻 *N. verecunda*

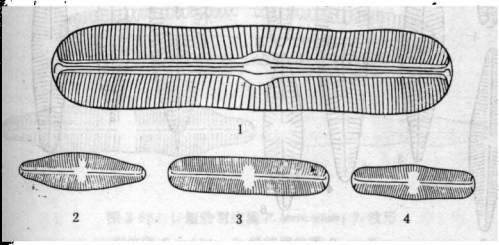


图 3-96 1. 杆状舟形藻 *N. bacillum*; 2. 瞳孔舟形藻 *N. pupula*; 3. 瞳孔舟形藻矩形变种 *N. pupula* var. *rectangularis*; 4. 瞳孔舟形藻小头变种 *N. pupula* var. *capitata*

线纹粗 …… 小头舟形藻 *N. capitata*(图 3-97,1)

40(39) 线纹细。

41(44) 壳面披针形。

42(43) 中心区横向放宽…… 隐头舟形藻 *N. cryptocephala*(图 3-97,2)

43(42) 中心区大,圆形…… 喙头舟形藻 *N. rhynchocephala*(图 3-97,3)

44(41) 壳面狭披针形或线形披针形。

45(48) 壳面狭披针形。

46(47) 中心区小,菱形 …… 放射舟形藻 *N. radiosa*(图 3-97,4)

47(46) 中心区横矩形…… 卡里舟形藻 *N. cari*(图 3-97,5)

48(45) 壳面线形披针形。

49(50) 中心区横矩形 …… 线形舟形藻 *N. graciloides*(图 3-97,6)

50(49) 中心区圆形或略横向放宽。

51(52) 中心区大,圆形 …… 微绿舟形藻 *N. viridula*(图 3-97,7)

52(51) 中心区小,略横向放宽…… 系带舟形藻 *N. cincta*(图 3-97,8)

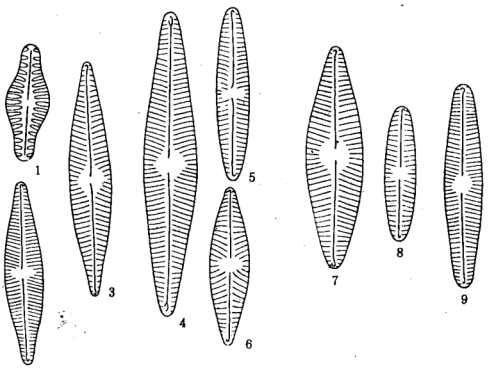


图 3-97 1. 小头舟形藻 *N. capitata*; 2. 隐头舟形藻 *N. cryptocephala*; 3. 喙头舟形藻 *N. rhynchocephala*; 4. 放射舟形藻 *N. radiosa*; 5. 卡里舟形藻 *N. cari*; 6. 线形舟形藻 *N. graciloides*; 7. 微绿舟形藻 *N. viridula*; 8. 系带舟形藻 *N. cincta*; 9. 系带舟形藻细头变种 *N. cincta* var. *leptocephala*

羽纹藻属 *Pinnularia*

细胞，少数连成带状群体。壳面线形、椭圆形或披针形，少数
都有膨大或有对称的波状起伏。末端常为头状或喙状。壳
纹为横肋纹，小型种类肋纹很细，似线纹。壳缝明显，直或弯
面长方形，无间生带。

素体 2 块，片状，位于带面两侧，具 1 个蛋白核。

属种类很多，主要为淡水沿岸带种类。

分 种 检 索 表

壳面横肋纹与短轴平行排列。

壳面两侧边缘平直，肋纹短…… 短肋羽纹藻 *P. brevicostata*（图 3-98，1）

壳面两侧边缘波状起伏，肋纹长。

壳面两侧边缘各具 3 个明显的波状起伏，末端宽头状 ……
…… 波形羽纹藻 *P. undulata*（图 3-98，2）

壳面两侧边缘各具 3 个较浅的波状起伏，末端钝圆形 ……
…… 纤细羽纹藻 *P. gracillima*（图 3-98，3）

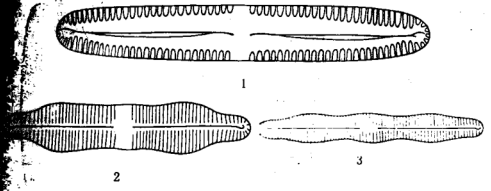


图 3-98 1. 短肋羽纹藻 *P. brevicostata*；2. 波形羽纹藻 *P. undulata*；3. 纤细羽纹藻 *P. gracillima*

壳面横肋纹在壳面中部呈放射状排列，两端则斜向极节。

横肋纹粗而稀疏…… 北方羽纹藻 *P. borealis*（图 3-99，1）

肋纹细而稠密。

面两侧具两条纵线纹。

10(11) 壳缝是简单的① …… 大羽纹藻 *P. maior*(图 3-99,2)

11(10) 壳缝是复合的。

12(13) 横肋纹 10 微米内不超过 5 条 …… 著名羽纹藻 *P. nobilis*(图 3-99,3)

13(12) 横肋纹在 10 微米内超过 6 条。

14(15) 中轴区占壳面宽度的 1/3 …… 同族羽纹藻 *P. gentilis*(图 3-99,4)

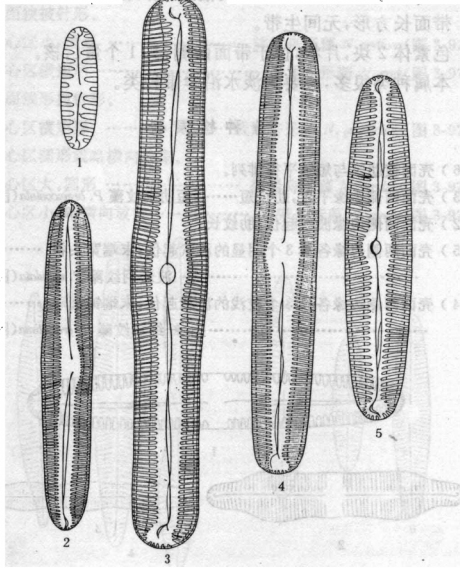


图 3-99 1. 北方羽纹藻 *P. borealis*; 2. 大羽纹藻 *P. maior*; 3. 著名羽纹藻 *P. nobilis*; 4. 同族羽纹藻 *P. gentilis*; 5. 微绿羽纹藻 *P. viridis*

15(14) 中轴区占壳面宽度的 1/4 弱 …… 微绿羽纹藻 *P. viridis*(图 3-99,5)

① 简单壳缝在镜检时呈一条(有时呈两条)细线;复合壳缝因结构复杂,在镜检时呈两条或三条有波状弯曲的细线。

壳面两侧无纵线纹。

壳面两侧边缘各具 3 个波状起伏……

…… 中突羽纹藻 *P. mesolepta*(图 3-100,1)

壳面两侧边缘平滑，不具波状起伏。

末端和中部的肋纹排列方向明显不同，互相构成钝角 ……

…… 歧纹羽纹藻 *P. divergentissima*(图 3-100,2)

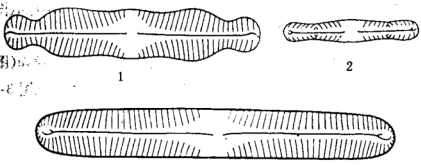


图 3-100 1. 中突羽纹藻 *P. mesolepta*； 2. 歧纹羽纹藻 *P. divergentissima*；
3. 弯羽纹藻线形变种 *P. gibba* var. *linearis*

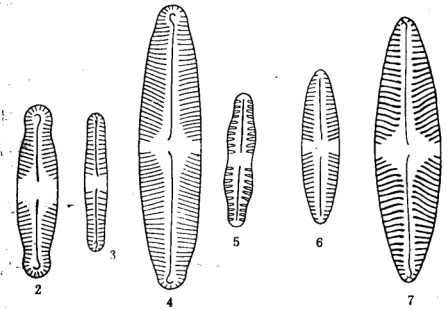


图 3-101 1. 磨石形羽纹藻 *P. molaris*；2. 间断羽纹藻 *P. interrupta*；3. 近小头羽纹藻 *P. subcapitata*；4. 细条羽纹藻 *P. microstauron*；5. 细条羽纹藻双波变型 *P. microstauron* f. *biundulata*；6. 细条羽纹藻小变型 *P. microstauron* f. *diminuta*；7. 细条羽纹藻布雷变种 *P. microstauron* var. *brebissonii*

20(19) 末端和中部的肋纹排列方向略不同，互相不构成钝角。

21(22) 中心区宽椭圆形 …… 弯羽纹藻 *P. gibba*(图 3-77,2；图 3-100,3)

22(21) 中心区菱形或横矩形。

23(24) 末端钝圆形 …… 磨石形羽纹藻 *P. molaris*(图 3-101,1)

24(23) 末端略呈头状、喙状或头喙状。

25(26) 末端头喙状，中心区菱形或横矩形 ……

…… 间断羽纹藻 *P. interrupta*(图 3-101,2)

26(25) 末端略呈头状或喙状，中心区横矩形。

27(28) 壳面宽 3—6 微米…… 近小头羽纹藻 *P. subcapitata*(图 3-101,3)

28(27) 壳面宽 7—11 微米 …… 细条羽纹藻 *P. microstauron*(图 3-101,4—7)

（九）异极藻属 *Gomphonema*

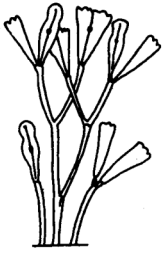


图 3-102 缢缩异极藻群体

单细胞，用胶质柄着生，有时形成叉状分枝群体；可成为单细胞偶然性浮游植物(图 3-102)。壳体壳面两端不对称，棒状、披针状或线状披针状，上端宽，下端狭，有时有收缢。带面多为楔形，末端截形。横花纹为细线纹、点纹，有时为孔纹。中轴区狭，中心区小，圆形或横矩形，常有 1 颗或几颗小点。

色素体 1 块或 2 块，靠近带面；具 1 蛋白核。

主要为淡水种类，多生长于沿岸区、底部和草丛中。

分 种 检 索 表

1(12) 中心区具单独小点。

2(5) 壳面具收缢。

3(4) 壳上端尖，壳面楔形 ……

…… 尖异极藻 *G. acuminatum*(图 3-79,2；图 3-103,1—2)

(10) 壳上端宽，平圆形，壳面球棒状……
…… 缢缩异极藻 *G. constricium*(图 3-102；图 3-103，3—4)

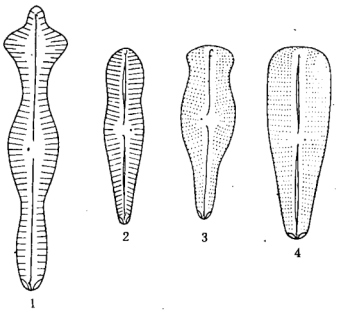


图 3-103 1. 尖异极藻花冠变种 *G. acuminatum* var. *coronata*；2. 尖异极藻布雷变种 *G. acuminatum* var. *brebissonii*；3. 缢缩异极藻 *G. constrictum*；4. 缢缩异极藻头状变种 *G. constrictum* var. *capitata*

(2) 壳面无收缢。
(9) 壳上端略呈喙状。
(8) 壳面卵形披针形，横线纹 10 微米内 14 条以上，细胞小型……
…… 微细异极藻 *G. parvulum*(图 3-104，1—2)
(7) 壳面线形披针形，横线纹 10 微米内 14 条以下，细胞中等大小……
…… 窄异极藻 *G. angustatum*(图 3-104，3—4)
(6) 壳上端不凸起，不呈喙状。
(11) 壳面披针形，末端尖圆 …… 纤细异极藻 *G. gracile*(图 3-105，1)
(10) 壳面线形棒状，上端截圆形；横花纹是明显点纹，略呈放射状 ……
…… 中间异极藻 *G. intricatum*(图 3-105，2—3)
(1) 中心区无单独的小点。
(4) 横花纹短 …… 短纹异极藻 *G. abbreviatum*(图 3-105，4)
(5) 横花纹几乎达到壳缝 …… 橄榄形异极藻 *G. olivaceum*(图 3-105，5)

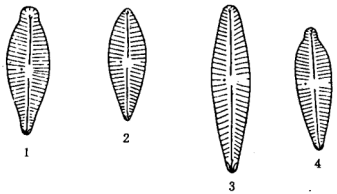


图 3-104　1. 微细异极藻 *G. parvulum*；　2. 微细异极藻近椭圆变种 *G. parvulum* var. *subelliptica*；3. 窄异极藻 *G. angustatum*；4. 窄异极藻延长变种 *G. angustatum* var. *producta*

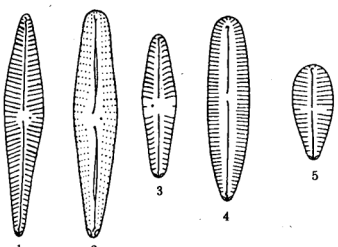


图 3-105　1. 纤细异极藻 *G. gracile*；　2. 中间异极藻 *G. intricatum*；3. 中间异极藻矮小变种 *G. intricatum* var. *pumila*；　4. 短缝异极藻 *G. abbreviatum*；　5. 橄榄形异极藻 *G. olivaceum*

（十）桥弯藻属 *Cymbella*

单细胞，浮游或着生。着生种类用短胶质柄固着或包埋在胶质管中。壳面两侧不对称，有明显的背、腹两侧，背侧凸出，腹侧平直或中部略凸出。壳面呈半月形、半椭圆形、半披针形、线形、舟形或

针形；末端形状多样，从钝圆到头状和喙状。壳面条纹为点孔纹，或平直线纹，常略呈放射状排列；腹侧有时有单独小点。区和中轴区明显；壳缝略弯曲，常偏近腹侧（偏心），有清晰中和极节。带面长方形，无间生带和隔膜。

色素体 1 块，片状，侧生。

本属多为淡水种类，分布广，在沿岸带和草丛中较多见。

分种检索表

(12) 中央节处或腹侧中部条纹末端具 1 个或多个单独的小点。

(3) 在中央节附近具一个单独的小点……

…… 弯曲桥弯藻 *C. sinuata*(图 3-106,1)

(2) 腹侧中部条纹末端具单独的小点。

(7) 具一个单独小点。

(6) 腹缘略凸出，壳体短而宽，末端多为短喙状，钝圆至截形 ……

…… 近缘桥弯藻 *C. affinis*(图 3-106,2)

(5) 腹缘凹入或直，中部略凸出，壳体细长，末端钝圆 ……

…… 新月桥弯藻 *C. cymbiformis*(图 3-106,3)

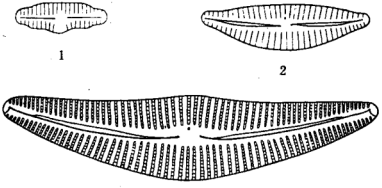


图 3-106　1. 弯曲桥弯藻 *C. sinuata*；2. 近缘桥弯藻 *C. affinis*；3. 新月桥弯藻 *C. cymbiformis*

) 具两个或多个单独小点。

腹缘凹入或直，末端钝圆至截形，单独小点多数……

…… 箱形桥弯藻 *C. cistula*(图 3-107,1)

腹缘明显凸出，末端喙状，单独小点两个。

10(11) 壳面狭披针形，横条纹 10 微米内约 10 条 ……
…… 膨胀桥弯藻 *C. tumida*(图 3-107,2)

11(10) 壳面宽披针形，横条纹 10 微米内约 10 条 ……
…… 胀大桥弯藻 *C. turgidula*(图 3-107,3)

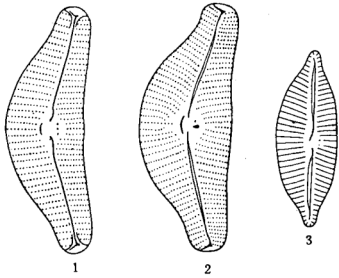


图 3-107 1. 箱形桥弯藻 *C. cistula*； 2. 膨胀桥弯藻 *C. tumida*； 3. 胀大桥弯藻 *C. turgidula*

12(1) 中央节或腹侧中部条纹末端没有单独的小点。

13(30) 壳面腹缘凹入、直或略凸出，壳缝位置偏离中线。

14(15) 中部条纹长短交替 …… 细小桥弯藻 *C. pusilla*(图 3-108,1)

15(14) 中部条纹长度相等。

16(21) 壳缝直，靠近腹侧。

17(18) 腹缘凸出 …… 极小桥弯藻 *C. perpusilla*(图 3-108,2)

18(17) 腹缘直，或仅在中部略凸出，罕见全部腹缘凸出的。

19(20) 极节远离末端，极隙长 …… 纤细桥弯藻 *C. gracilis*(图 3-108,3)

20(19) 极节接近末端，极隙较短 …… 偏肿桥弯藻 *C. ventricosa*(图 3-108,4)

21(16) 壳缝凸向背缘。

22(25) 背侧中部条纹 10 微米内 13 条以上。

23(24) 壳面披针形，末端尖圆形 …… 小桥弯藻 *C. laevis*(图 3-109,1)

24(23) 壳面半椭圆形，末端钝圆形 … 胡斯特桥弯藻 *C. hustedtii*(图 3-109,2)

25(22) 背侧中部条纹 10 微米内 10 条以下。

26(27) 中轴区宽，线形；横条纹为粗点纹，10 微米内约 12—15 个点 ……

…… 粗糙桥弯藻 *C. aspera*(图 3-109,3)

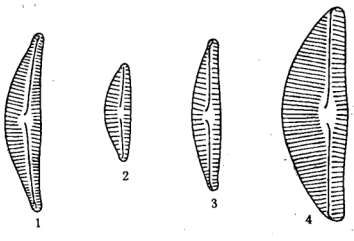


图 3-108　1. 细小桥弯藻 *C. pusilla*；　2. 极小桥弯藻 *C. perpusilla*；
3. 纤细桥弯藻 *C. gracilis*；　4. 偏肿桥弯藻 *C. ventricosa*

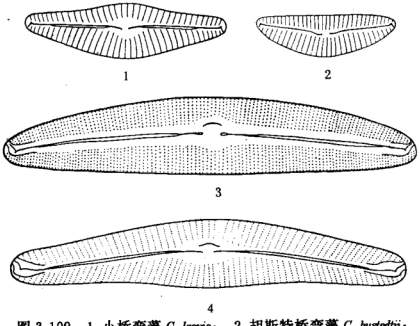


图 3-109　1. 小桥弯藻 *C. laevis*；　2. 胡斯特桥弯藻 *C. hustedtii*；
3. 粗糙桥弯藻 *C. aspera*；　4. 披针桥弯藻 *C. lanceolata*

(26) 中轴区狭，横条纹为细点纹或线纹。

(29) 壳缝明显宽，几乎直的；腹缘略凹入……

…… 微细桥弯藻 *C. parva*(图 3-78,2)

(28) 壳缝略宽，弯曲；腹缘通常有明显凹入……

…… 披针桥弯藻 *C. lanceolata*(图 3-109,4)

(13) 壳面腹缘明显凸出，壳缝略偏离中线。

31(32) 条纹细，横线纹 10 微米内约 24 条以上 …… 小头桥弯藻 *C. microcephala*(图 3-110,1)

32(31) 条纹粗。

33(34) 壳体粗壮，宽披针形，横条纹由粗点组成，10 微米内 7—10 条 …… 埃伦桥弯藻 *C. ehrenbergii*(图 3-110,2)

34(33) 壳体细致，条纹一般较密。

35(38) 中心区明显扩大，圆形。

36(37) 背侧中部横条纹 10 微米内 8—10 条，两端 12—15 条 …… 尖头桥弯藻 *C. cuspidata*(图 3-110,3)

37(36) 背侧中部横条纹 10 微米内 10—14 条，两端 18—20 条 …… 舟形桥弯藻 *C. naviculiformis*(图 3-110,4)

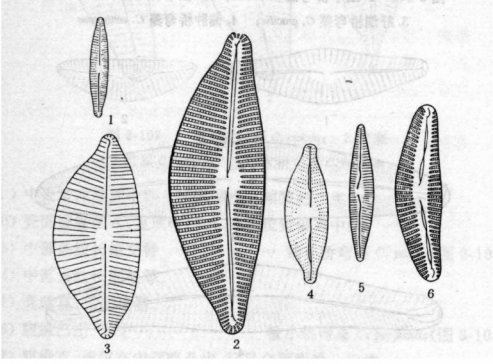


图 3-110 1. 小头桥弯藻 *C. microcephala*；2. 埃伦桥弯藻 *C. ehrenbergii*；3. 尖头桥弯藻 *C. cuspidata*；4. 舟形桥弯藻 *C. naviculiformis*；5. 优美桥弯藻 *C. delicatula*；6. 澳大利亚桥弯藻 *C. australica*

38(35) 中心区不明显扩大，仅略呈披针形或整个中轴区宽披针形。

39(40) 背侧中部横条纹 10 微米内 18—20 条 …… 优美桥弯藻 *C. delicatula*(图 3-110,5)

40(39) 背侧中部横条纹 10 微米内 10—13 条 …… 澳大利亚桥弯藻 *C. australica*(图 3-110,6)

窗纹藻属 *Epithemia*

大多着生，以腹面附着在水生高等植物、丝状藻和其
壳体有背腹之分，大多呈半月形，背侧凸出，腹侧多少凹
圆或近头状。管壳缝在壳体两端接近腹侧，在中部则弯
呈一"V"形角。壳瓣具横肋纹，其间有 2—4 或更多行的腔
面呈网眼状的窝孔纹。大多有间生带和隔膜。带面长方形，
生色素体。
和半咸水种类。

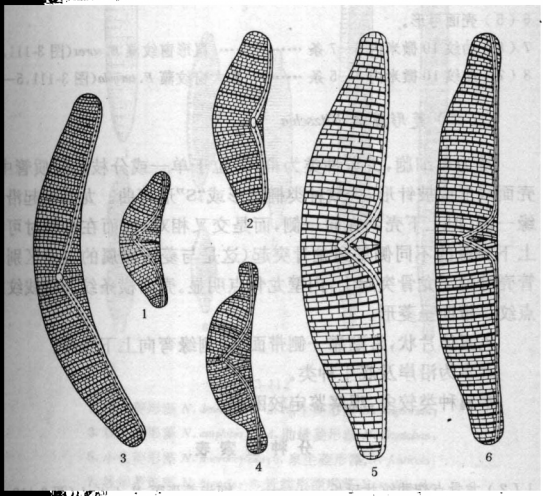


图 3-111　1. 光亮窗纹藻 *E. argus*；　2. 斑纹窗纹藻索桑变种 *E. zebra* var. *saxonica*；　3. 钝端窗纹藻 *E. hyndmanii*；　4. 鼠形窗纹藻 *E. sorex*；　5. 膨大窗纹藻 *E. turgida*；　6. 膨大窗纹藻颗粒变种 *E. turgida* var. *granulata*

分种检索表

1（4）两条肋纹间有3—4条以上的窝孔纹。
2（3）壳面末端宽钝圆形，肋纹略呈放射状排列。隔膜发达、粗厚……
…… 光亮窗纹藻 *E. argus*（图 3-111,1）
3（2）壳面末端钝圆形，肋纹近于平行。隔膜薄 ……
…… 斑纹窗纹藻 *E. zebra*（图 3-80,3；图 3-111,2）
4（1）两条肋纹间有2—3条窝孔纹。
5（6）壳面新月形，末端钝圆，不反向弯曲……
…… 钝端窗纹藻 *E. hyndmanii*（图 3-111,3）
6（5）壳面弓形。
7（8）肋纹10微米内5—7条 …… 鼠形窗纹藻 *E. sorex*（图 3-111,4）
8（7）肋纹10微米内3—5条 …… 膨大窗纹藻 *E. turgida*（图 3-111,5—6）

（十二）菱形藻属 *Nitzschia*

常为单细胞，少数种类为群体，位于单一或分枝的胶质管中。壳面线形或披针形，少数种类椭圆形或“S”形弯曲。龙骨突起沿壳缘一侧，但上下壳不在同一侧，而是交叉相对，因而在镜检时可在上下壳缘的不同侧见到龙骨突起（这是与菱板藻属的主要区别）。管壳缝位于龙骨突起上，内壁龙骨点明显。壳面横条纹为细线纹或点纹。带面呈菱形。

色素体片状，常贴靠一侧带面，两侧缘弯向上下壳瓣。

大多为沿岸及底生种类。

本属种类较多，观察鉴定较困难。

分种检索表

1（2）龙骨点作肋纹状延长…… 细齿菱形藻 *N. denticula*（图 3-112,1）
2（1）龙骨点不作肋纹状延长。
3（14）龙骨明显偏心。
4（5）壳面中部略缢缩 …… 池生菱形藻 *N. stagnorum*（图 3-112,2）
5（4）壳面中部不缢缩。

…由点纹组成，10 微米内 15—19 条 ……
…… 双头菱形藻 *N. amphibia*（图 3-112,3）
…纹较细，10 微米内超过 20 条。
…10 微米内 20—23 条 … 肋缝菱形藻 *N. frustulum*（图 3-112,4）

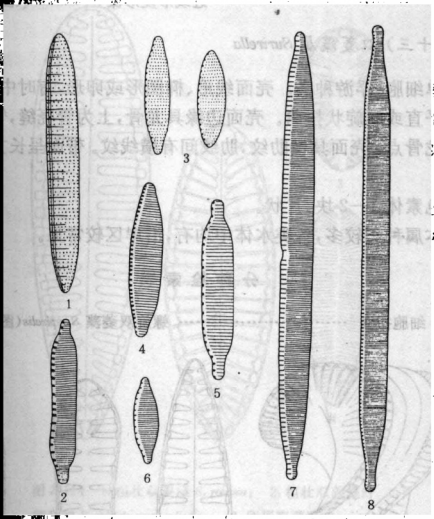


图 3-112

1. 微齿菱形藻 *N. denticula*； 2. 池生菱形藻 *N. stagnorum*；
3. 双头菱形藻 *N. amphibia*； 4. 肋缝菱形藻 *N. frustulum*；
5. 小头菱形藻 *N. microcephala*；6. 泉生菱形藻 *N. fonticola*；
7. 线形菱形藻 *N. linearis*；8. 近线形菱形藻 *N. sublinearis*

…微米内超过 25 条。
…明显喙状 …… 小头菱形藻 *N. microcephala*（图 3-112,5）
…纹较细，不呈明显喙状
…米内 28—30 条…… 泉生菱形藻 *N. fonticola*（图 3-112,6）

13(12) 横条纹 10 微米内 33—40 条 …… 谷皮菱形藻 N_1 *palea*(图 3-81,2)

14(3) 龙骨略偏心。

15(16) 壳面龙骨一侧边缘中部略缢入 … 线形菱形藻 *N. linearis*(图 3-112,7)

16(15) 壳面龙骨一侧边缘中部不缢入……

…… 近线形菱形藻 *N. sublinearis*(图 3-112,8)

(十三) 双菱藻属 *Surirella*

单细胞,浮游种类。壳面线形、椭圆形或卵形,有时中部收缢;壳体平直或螺旋状扭曲。壳面边缘具龙骨,上为管壳缝,管壳缝内壁具龙骨点。壳面具横肋纹,肋纹间有横线纹。带面呈长方形或楔形。

色素体 1—2 块,片状。

本属种类较多,各类水体中均有,沿岸区较常见。

分种检索表

1(2) 细胞扭曲 …… 螺旋双菱藻 *S. spiralis*(图 3-113,1)

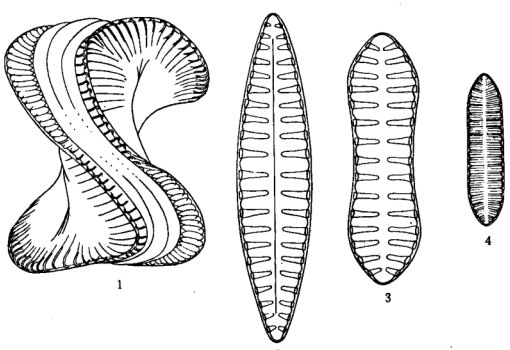


图 3-113 1. 螺旋双菱藻 *S. spiralis*; 2. 线形双菱藻 *S. linearis*; 3. 线形双菱藻类缢缩变种 *S. linearis* var. *constricta*; 4. 窄双菱藻 *S. angustata*

细胞不扭曲。

壳面两端对称。

壳面具明显翼状突起① …… 线形双菱藻 *S. linearis*(图 3-113,2—3)

壳面翼状突起不明显…… 窄双菱藻 *S. angustata*(图 3-113,4)

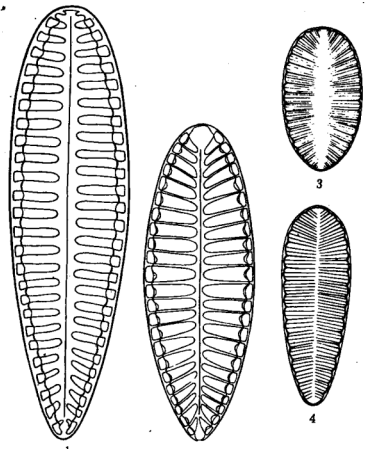


图 3-114 1. 粗壮双菱藻 *S. robusta*； 2. 粗壮双菱藻纤细变种 *S. robusta* var. *splendida*； 3. 卵形双菱藻 *S. ovata*； 4. 卵形双菱藻羽纹变种 *S. ovata* var. *pinnata*

壳面两端不对称。

壳面中线上端或上下端具基部膨大的刺状突起……

…… 端毛双菱藻 *S. capronii*(图 3-82,2)

壳面无刺状突起。

---

①翼起是龙骨的延伸部分，围绕在整个壳体的周缘。翼状管是横肋纹向翼状管延伸后，沟通管壳缝和细胞腔的管沟。

9(10) 壳面具明显翼状突起，翼状管 100 微米内 7—15 条 …… 粗壮双菱藻 *S. robusta*(图 3-114,1—2)

10(9) 壳面翼状突起不明显，翼状管 100 微米内 40—70 条…… 卵形双菱藻 *S. ovata*(图 3-114,3—4)

（十四）曲壳藻属 *Achnanthes*

单细胞，或带状、树丛状囊状群体，浮游或以胶柄或壳瓣着生。壳面两端对称，线形披针形或线形椭圆形。壳体弯曲，带面观时上壳凸出，下壳凹入。壳面花纹为点纹或线纹，少数为孔纹。上下壳花纹相似或略不同；上壳为假壳缝，下壳为真壳缝，真壳缝直或弯曲。无间生带和隔膜。

色素体 1—2 块，片状，贴近上壳；或 2—4 块，贴近带侧；或多数，盘状。

广泛分布于各类水体，多见于水草丛中。

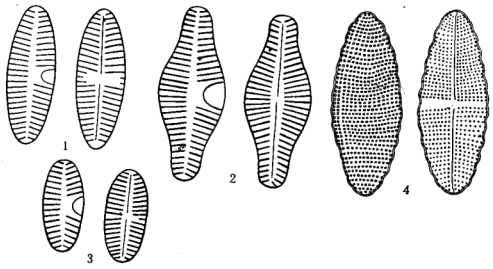


图 3-115　1. 披针曲壳藻 *A. lanceolata*；　2. 披针曲壳藻喙头变种 *A. lanceolata* var. *rostrata*；　3. 披针曲壳藻椭圆变种 *A. lanceolata* var. *ellitica*；　4. 波缘曲壳藻 *A. crenulata*
（每一种各示上壳及下壳）

分种检索表

1. 上壳壳面中部一侧有马蹄形的无纹中心区……
……披针曲壳藻 *A. lanceolata*(图 3-115,1—3)
1. 上壳壳面中部一侧无马蹄形的无纹中心区。
2. 壳缘两侧具波状凸起…… 波缘曲壳藻 *A. crenulata*(图 3-115,4)
2. 壳缘两侧无波状凸起。
3. 壳面线形椭圆形。
4. 下壳壳面中心区小圆形 …… 比索曲壳藻 *A. biasolettiana*(图 3-83,4)
4. 下壳壳面中心区横矩形。
5. 壳面末端钝圆 …… 线形曲壳藻 *A. linearis*(图 3-116,1)
5. 末端延长,略呈头状…… 短小曲壳藻 *A. exigua*(图 3-116,2—3)
3. 壳面椭圆披针形或菱形披针形。
12. 壳面椭圆披针形 …… 优美曲壳藻 *A. delicatula*(图 3-116,4)
11. 壳面菱形披针形 …… 海德曲壳藻 *A. heideni*(图 3-116,5)

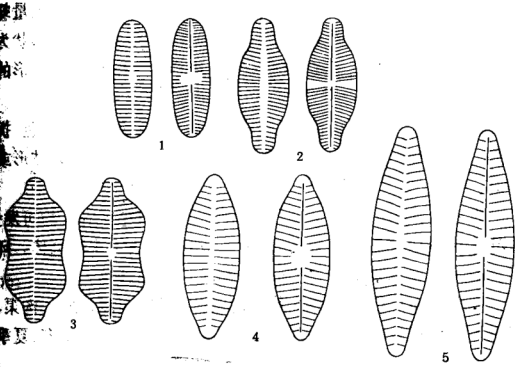


图 3-116 1. 线形曲壳藻 *A. linearis*; 2. 短小曲壳藻 *A. exigua*; 3. 短小曲壳藻缢缩变种 *A. exigua* var. *constricta*; 4. 优美曲壳藻 *A. delicatula*; 5. 海德曲壳藻 *A. heideni*

第十二节　裸藻门 Euglenophyta

单细胞，大多能运动，具 1 条鞭毛（少数 2—3 条）。细胞椭圆形、卵形、纺锤形、球形或长带形；末端常尖细，或具刺。横断面圆形或扁形，或多角形。

细胞裸露无壁，仅具表质。表质有时较软，细胞可变形；有时较硬，细胞不能变形。表质平滑或具线纹、点纹或肋纹。有少数种类具囊壳。囊壳无色，或呈黄色、棕色或橙色；表面平滑或具各种纹饰。囊壳前端有孔，鞭毛由此伸出。孔的周围有时增厚、有齿或有管状的壳领。

细胞前端有胞口，下连胞咽和贮蓄泡。无色素种类有时在胞咽处有棒状结构（“棒状器”）。贮蓄泡附近有 1 个或几个伸缩泡。鞭毛由贮蓄泡基部长出，由胞口伸向体外。

色素有叶绿素 a 和 b，β-胡罗卜素。少数种类因含有大量虾青素而呈红色。有些种类无色素。色素体多数或 1—2 个。形状为球状、盘状、片状、星状。蛋白核有或无。蛋白核表面常有表壳形的副淀粉鞘，少数无鞘。

同化产物主要为副淀粉，还有脂肪。副淀粉遇碘不变色，折光性强，常具层理结构。副淀粉粒形状有球形、盘形、环形、鼓形或棒形等。

繁殖方式为细胞纵分裂，在运动状态或静止状态下均可发生。在静止状态时子细胞不分离开，外有胶被，形成不定形群体。环境不良时可形成休眠孢囊，待环境有利时可分裂繁殖。

裸藻分布广泛，在湖泊、河流的沿岸地带，沼泽、稻田、沟渠、潮湿土壤上均可生长。在有机物质丰富的小型水体中数量多，夏季有时可大量繁殖，形成“水华”。

裸藻大多为自养生物，但也可兼养，无色种类可营异养，可吞食有机碎屑或渗透营养。极少数种类为寄生，在动物的肠道内或鱼鳃上。

…测生活污水污染的指示生物，在氧化塘的生物自…起较大作用。

…为水生动物的食物，但它被消化利用的程度如何，研…同看法。

…下设一个纲——裸藻纲(Euglenophyceae)，下仅有裸藻…lales)一目。裸藻也被归入动物界，属原生动物中的鞭毛

一、分属检索表

…色素体和眼点。

…鞭毛 ……

…… 裸藻科 Euglenaceae

…毛2条，等长……

…双鞭藻属 *Entreptia*(图 3-117)

…毛1条。

…具囊壳。

…膜与壳体界限不明显；壳体…，表面有皱纹或疣，但无…… 陀螺藻属 *…ambomonas*(图 3-118，1－2)

…与壳体界限明显；壳体较…，表面光滑或多疣，或有刺…… 囊壳藻属 *…ilomonas**(图 3-119，1－2)

…壳。

…明显侧扁 ……

…扁裸藻 *Phacus**(图 3-120)

…不明显侧扁，横断面圆形…圆形。

…可变形，副淀粉形状和大…不等 ……

…藻属 *Euglena**(图 3-121，1)

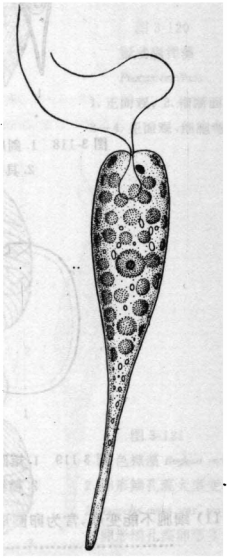


图 3-117 双鞭藻 *Entreptia viridis*

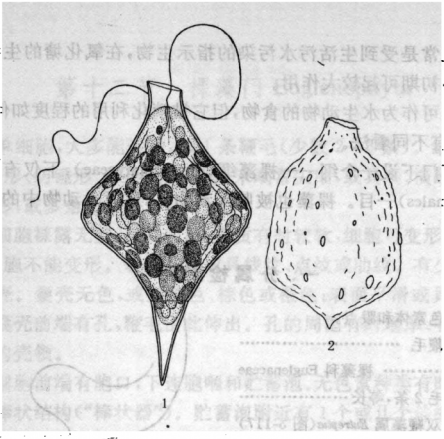


图 3-118　1. 剑尾陀螺藻 *Strombomonas ensifera*；
2. 具瘤陀螺藻 *S. verrucosa*

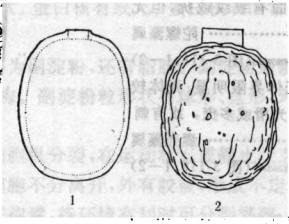


图 3-119　1. 矩圆囊裸藻 *Trachelomonas oblonga*；
2. 粗纹囊裸藻 *T. hispida*

12(11) 细胞不能变形，常为卵圆形；副淀粉常为 2 个，较大，环形，侧生 ……
…… 蜂孔藻属 *Lepocinclis*(图 3-121,2—3)

13(2) 营养细胞无鞭毛，具胶柄，附生……
…… 柄裸藻科 Colaciaceae——柄裸藻属 *Colacium*(图 3-122,1—3)

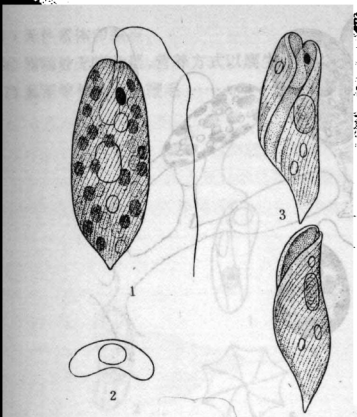


图 3-120
颤动扁裸藻
Phacus oscillans
1. 正面观；2. 横断面观；
3—4. 正面观，细胞弯曲

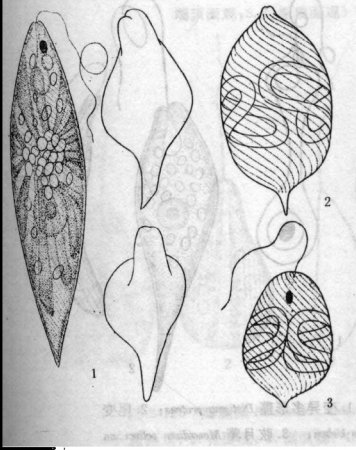


图 3-121
1. 绿色裸藻 *Euglena viridis*；
2. 卵形鳞孔藻大型变种 *Lepocinclis ovum* var. *major*；
3. 卵形鳞孔藻卵形变种 *L. ovum* var. *ovata*

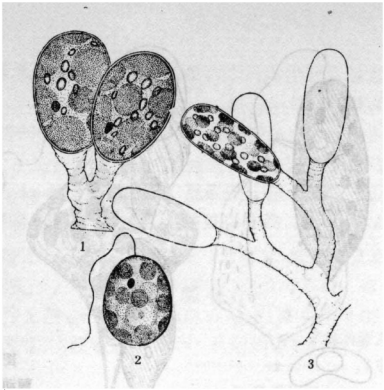


图 3-122　1—2. 囊状柄裸藻 *Colacium vesiculosum*（1. 不定群体；2. 游动细胞）；　3. 树状柄裸藻 *C. arbuscula*

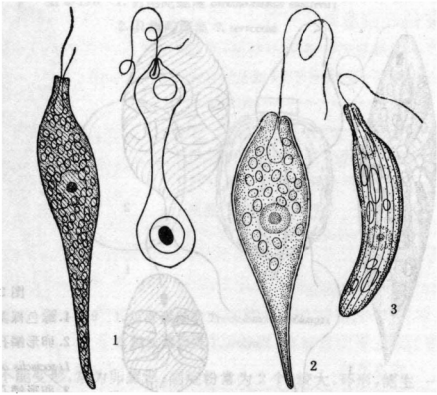


图 3-123　1. 变异多形藻 *Distigma proteus*；2. 尾变胞藻 *Astasia klebsii*；　3. 弦月藻 *Menoidium pellucidum*

体和眼点。

无杆状器，营养方式以腐生为主 …… 变胞藻科 Astasiaceae

后等长的 2 条鞭毛 …… 多形藻属 *Distigma*（图 3-123，1）

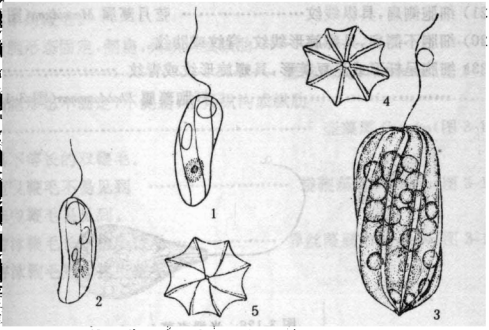


图 3-124　1—2. 弯杆胞藻 *Rhabdomonas incurva*；
3—5. 螺肋藻 *Gyropaigne kosmos*（3. 正面观；4. 前端顶面观；5. 后端顶面观）

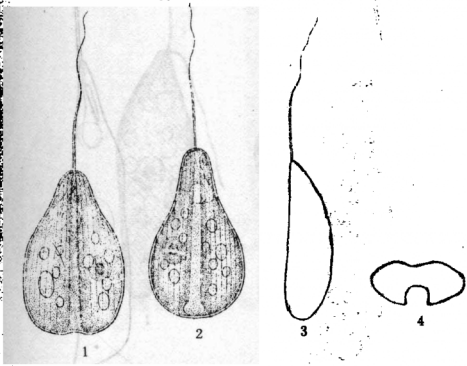


图 3-125　瓣胞藻 *Petalomonas mediocanellata*；
（1. 腹面观；2. 背面观；3. 侧面观；4. 横切面观）

17(16) 具 1 条鞭毛。

18(19) 细胞形态易变 …… 变胞藻属 *Astasia*(图 3-123,2)

19(18) 细胞形态固定。

20(21) 细胞侧扁,具纵线纹…… 弦月藻属 *Menoidium*(图 3-123,3)

21(20) 细胞不侧扁,具螺旋形线纹、脊纹或肋纹。

22(23) 细胞呈杆形或呈豆荚形,具螺旋形纹或脊纹 ……

…… 杆胞藻属 *Rhabdomonas*(图 3-124,1—2)

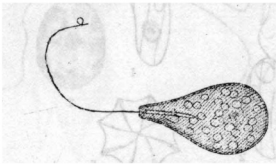
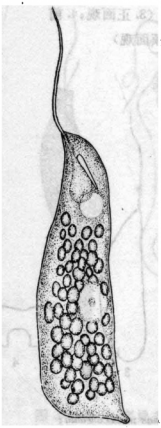


图 3-126 光滑壶藻 *Urceolus gobii*



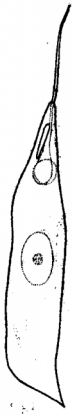


图 3-127 楔形袋鞭藻 *Perenerin cuneatum*

…… 螺肋藻属 *Gyropaigne*(图 3-124,3-5)

杆状器，营养方式以吞食为主 …… 袋鞭藻科 Peranemaceae

单条鞭毛。

细胞形态固定，侧扁，具纵沟或纵肋……

…… 褶胞藻属 *Petalomonas*(图 3-125)

细胞形态不固定，不侧扁，不具纵沟或纵肋……

…… 壶藻属 *Urceolus*(图 3-126)

不等长的双鞭毛。

前鞭毛不易见到 …… 袋鞭藻属 *Peranema*(图 3-127)

前鞭毛易见到。

前鞭毛长于拖曳鞭毛 …… 异丝藻属 *Heteronema*(图 3-128)

前鞭毛短于拖曳鞭毛。

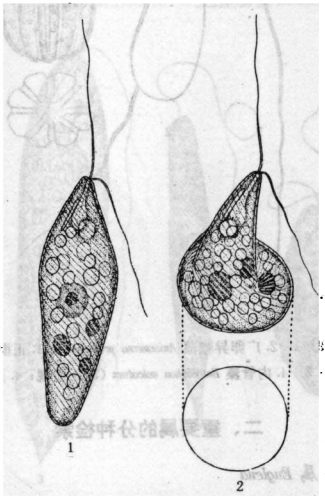


图 3-128 盘形异丝藻 *Heteronema discoideum*
(1. 伸展时；2. 游泳时)

33(34) 无杆状器 …… 异鞭藻属 *Anisonema*(图 3-129,1—2)

34(33) 具杆状器 …… 内管藻属 *Entosiphon*(图 3-129,3—4)

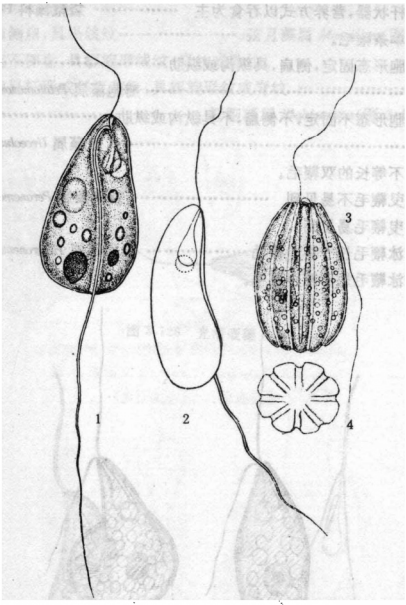


图 3-129 1—2. 广卵异鞭藻 *Anisonema progradum*(1. 正面观;2. 侧面观);3—4. 内管藻 *Entosiphon sulcatum*(3. 正面观;4. 顶面观)

二、重要属的分种检索

(一) 裸藻属 *Euglena*

多为单细胞,单鞭毛。大多数种类表质柔软,细胞形状可不同程度变化,体型长,呈纺锤形、椭圆形、卵形、圆柱形等;横切面圆形

形，后端多少延伸变狭尖。表质上具线纹或颗粒。色素体1个，大多周生。少数种类无色。有各种形状的副淀粉颗粒。明显。

本属种类多生活于浅小而有机质丰富的水体。某些种类可形色、黄褐色或棕红色的水华。

分种检索表

1. 色素体星状。
色素体1个 …… 绿色裸藻 *E. viridis*(图 3-121,1)
色素体多数。
色素体2个 …… 膝曲裸藻 *E. geniculata*(图 3-130,1)
色素体多于2个。
色素体3个 …… 三星裸藻 *E. tristella*(图 3-130,2)

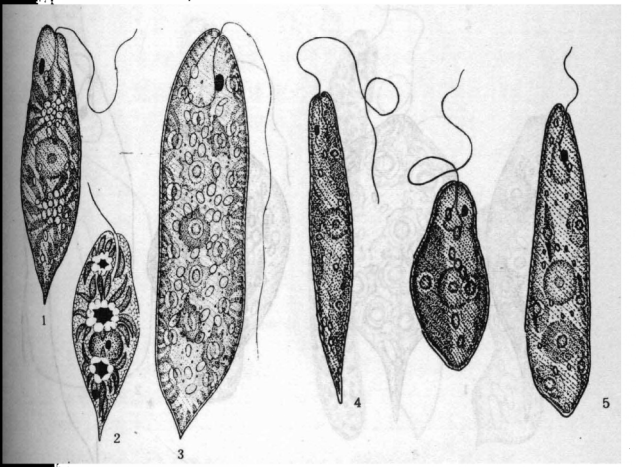


图 3-130 1. 膝曲裸藻 *E. geniculata*； 2. 三星裸藻 *E. tristella*； 3. 血红裸藻 *E. sanguinea*； 4. 鱼形裸藻 *E. pisciformis*； 5. 纤细裸藻 *E. gracilis*

7(6) 色素体多于2个 …… 扁形裸藻 *E. oxyuris*(图 3-130,3)

8(4) 色素体盘状或片状。

9(20) 色素体具蛋白核。

10(17) 蛋白核具鞘。

11(12) 色素体2个(少数3—4个),长片状,与细胞纵轴平行 ……

…… 鱼形裸藻 *E. pisciformis*(图 3-130,4)

12(11) 色素体多于3个,盘状或片状不一定与细胞纵轴平行。

13(14) 细胞圆柱形到狭卵形 …… 纤细裸藻 *E. gracilis*(图 3-130,5)

14(13) 细胞纺锤形。

15(16) 细胞前端渐狭呈圆形或斜截状;色素体盘状 ……

…… 尾裸藻 *E. caudata*(图 3-131,1)

16(15) 细胞前端圆形;色素体片状 …… 多形裸藻 *E. polymorpha*(图 3-131,2)

17(10) 蛋白核无鞘。

18(19) 色素体盘状 …… 静裸藻 *E. deses*(图 3-132,1)

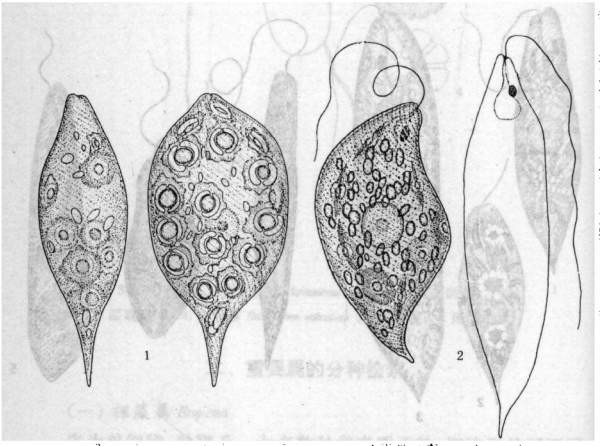


图 3-131 1. 尾裸藻 *E. caudata*, 2. 多形裸藻 *E. polymorpha*

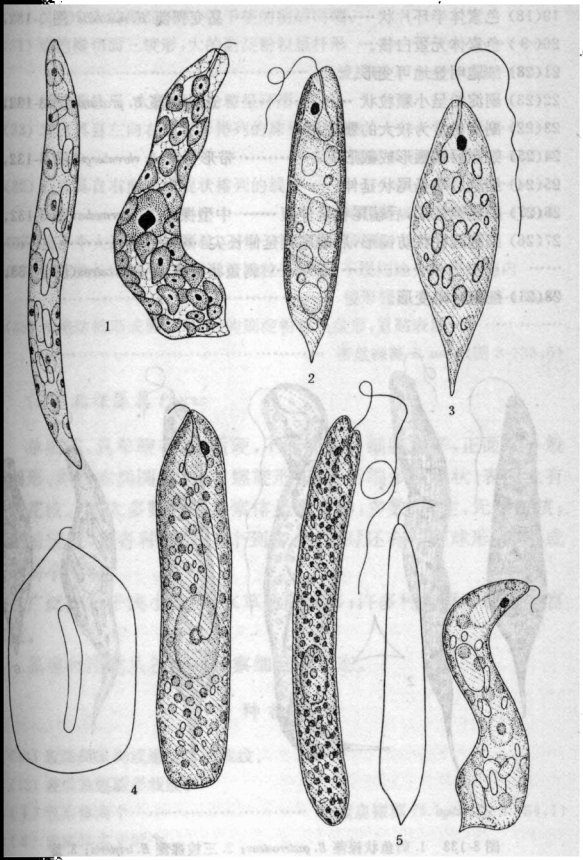


图 3-132 1. 静裸藻 *E. deses*； 2. 易变裸藻 *E. mutabilis*； 3. 近轴裸藻 *E. proxima*； 4. 带形裸藻 *E. ehrenbergii*； 5. 中型裸藻 *E. intermedia*

19(18) 色素体半环片状…… 易变裸藻 *E. mutabilis*(图 3-132,2)

20(9) 色素体无蛋白核。

21(28) 细胞明显地可变形。

22(23) 副淀粉呈小颗粒状 …… 近轴裸藻 *E. proxima*(图 3-132,3)

23(22) 副淀粉常为较大的颗粒。

24(25) 细胞后端圆形或截形 …… 带形裸藻 *E. ehrenbergii*(图 3-132,4)

25(24) 细胞后端呈尾状延伸。

26(27) 细胞圆柱形,后端尾状延伸短…… 中型裸藻 *E. intermedia*(图 3-132,5)

27(26) 细胞圆柱状纺锤形,后端尾状延伸长尖 ……
…… 刺鱼状裸藻 *E. gasterosteus*(图 3-133,1)

28(21) 细胞可略变形。

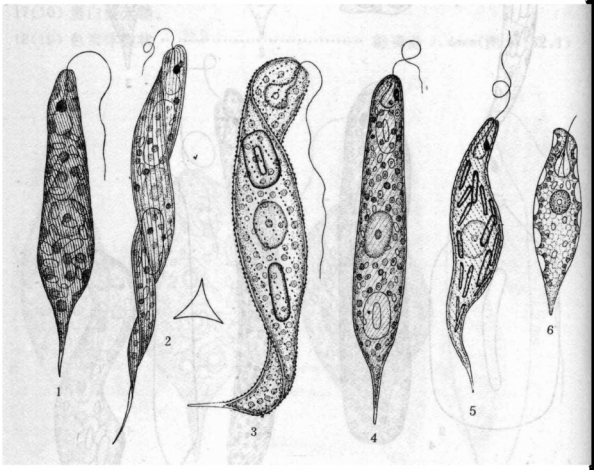


图 3-133 1. 刺鱼状裸藻 *E. gasterosteus*; 2. 三梭裸藻 *E. tripteris*; 3. 旋纹裸藻 *E. spirogyra*; 4. 尖尾裸藻 *E. oxyuris*; 5. 梭形裸藻 *E. acus*; 6. 密盘裸藻 *E. wangi*

具两个大的副淀粉粒，位于核的前后两端。

细胞横切面三棱形，大的副淀粉粒呈杆形 ……

…… 三棱裸藻 *E. tripteris*(图 3-133,2)

细胞圆柱形，大的副淀粉粒呈环形。

表质具自左向右螺旋形排列的珠状颗粒花纹……

…… 旋纹裸藻 *E. spirogyra*(图 3-133,3)

表质具自右向左螺旋状排列的线纹……

…… 尖尾裸藻 *E. oxyuris*(图 3-133,4)

具多个大的副淀粉颗粒，不位于核的前后两端。

细胞狭长纺锤形，大的副淀粉粒呈杆形，不规则地分散在细胞内 ……

…… 梭形裸藻 *E. acus*(图 3-133,5)

细胞纺锤形或圆柱形，大的副淀粉粒呈盘形，紧贴表质……

…… 密盘裸藻 *E. wangi*(图 3-133,6)

(二) 扁裸藻属 *Phacus*

细胞，具单鞭毛；表质硬，不能变形。细胞扁平，正面观一般卵形或椭圆形，有时螺旋形扭转；后端多呈尾状。表质上有纹。绝大多数种类色素体呈圆盘形，多数，周生，无蛋白核；较大，有各种形状，1 个到多个；有时还有一些球形、卵形或小颗粒。

广泛分布于浅小水体，水草丛中较多；许多种类喜有机质丰富

定时注意从各个面观察细胞的形态。

分 种 检 索 表

表质具纵向或螺旋形的线纹。

表质具螺旋形线纹。

色素体两个…… 敏捷扁裸藻 *Ph. agilis*(图 3-134,1)

色素体多于两个。

细胞向腹面弯卷。

细胞两侧向腹面弯卷成圆柱形 … 颤动扁裸藻 *Ph. oscillans*(图 3-120)

细胞两侧向腹面弯卷成两翼状……

…… 弯曲扁裸藻 *Ph. inflexus*(图 3-134,2)

8(5) 细胞不弯卷。

9(10) 副淀粉几乎占细胞的大半 … 多养扁裸藻 *Ph. polytrophos*(图 3-134,3)

10(9) 副淀粉不占细胞的大半。

11(12) 细胞圆柱形,前端具不对称的唇形突起 ……

…… 圆柱形扁裸藻 *Ph. cylindrus*(图 3-134,4)

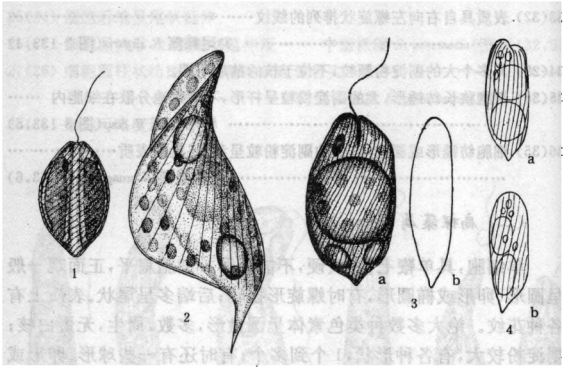


图 3-134 1. 敏捷扁裸藻 *Ph. agilis*; 2. 弯曲扁裸藻 *Ph. inflexus*; 3. 多养扁裸藻 *Ph. polytrophos*; 4. 圆柱形扁裸藻 *Ph. cylindrus*(a——正面观; b——侧面观)

12(11) 细胞长卵形,前端圆形 …… 颤动扁裸藻 *Ph. oscillans*(图 3-120)

13(2) 表质具纵线纹。

14(15) 细胞后端仅略具穹形的凸起 …… 桃形扁裸藻 *Ph. stokesii*(图 3-135,1)

15(14) 细胞后端具明显的尾刺或尾状突起。

16(37) 细胞尾刺长不超过体长的 1/3。

17(24) 尾刺短,为体长的 1/10—1/7,或仅呈尾状突起。

18(19) 细胞由"翼"和"体"两部分组成,顶面观呈楔形 ……

…… 奇形扁裸藻 *Ph. anomalus*(图 3-135,2)

19(18) 细胞不由"翼"和"体"两部分组成。

20(21) 细胞近圆柱形,后端呈小尾状突起 ……

…… 粒形扁裸藻 *Ph. granum*(图 3-135,3)

近圆形或宽卵形，后端呈明显的短尾刺。

尾刺钩状弯曲；副淀粉哑铃形或线轴形 ……

…… 哑铃扁裸藻 *Ph. petelotii*(图 3-135,4)

尾刺直或弯曲，副淀粉常呈圆盘形、环形、罕见呈线轴形 ……

…… 尖尾扁裸藻 *Ph. acuminatus*(图 3-135,5)

尾刺为体长的 1/6—1/3。

细胞边缘具波形缺刻。

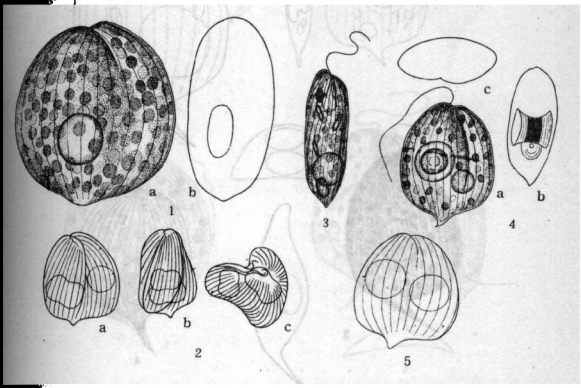


图 3-135　1. 桃形扁裸藻 *Ph. stokesii*；　2. 奇形扁裸藻 *Ph. exomalus*；3. 粒形扁裸藻 *Ph. granum*；　4. 哑铃扁裸藻 *Ph. petelotii*；　5. 尖尾扁裸藻 *Ph. acuminatus*(a——正面观，b——侧面观，c——顶面观)

细胞边缘的一侧(或两侧)具 1 个波形缺刻，少数无缺刻 ……

…… 爪形扁裸藻 *Ph. onyx*(图 3-136,1)

细胞边缘具数个不规则的波形缺刻 ……

…… 波形扁裸藻 *Ph. undulatus*(图 3-136,2)

细胞边缘无波形缺刻。

细胞的背脊无明显突起。

细胞长卵形，尾刺呈钩状弯曲，副淀粉 2 个，呈同心相叠的假环形 ……

…… 钩状扁裸藻 *Ph. hamatus*(图 3-136,3)

31(30) 细胞宽卵形,尾刺偏斜不呈钩状,副淀粉 1 个,呈圆盘形 ……

…… 琵鹭扁裸藻 *Ph. platalea*(图 3-136,4)

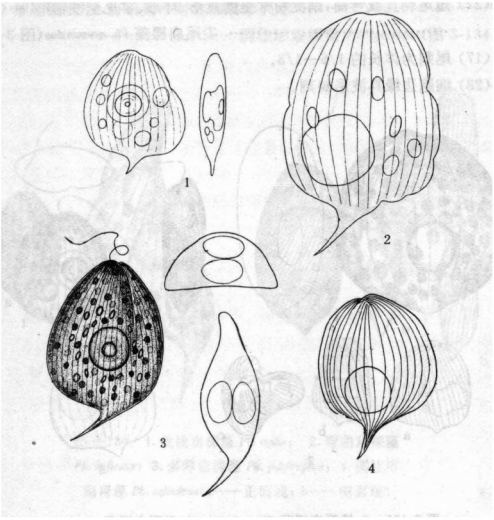


图 3-136 1. 爪形扁裸藻 *Ph. ungu*(正面观及侧面观);
2. 波形扁裸藻 *Ph. undulatus*; 3. 钩状扁裸藻 *Ph. hamatus*
(正面、顶面及侧面观); 4. 琵鹭扁裸藻 *Ph. platalea*

32(29) 细胞的背脊有明显突起。

33(34) 细胞顶面观呈等腰三角形 …… 圆形扁裸藻 *Ph. orbicularis*(图 3-137,1)

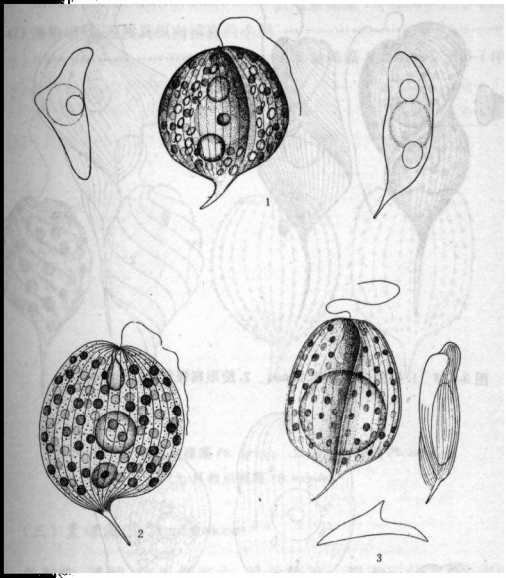
34(33) 细胞顶面观不呈等腰三角形。

35(36) 背脊突起短,仅达细胞中部 …… 宽扁裸藻 *Ph. pleuronectes*(图 3-137,2)

36(35) 背脊突起长,伸至后部 …… 三棱扁裸藻 *Ph. triqueter*(图 3-137,3)

37(16) 细胞尾刺长为体长的 1/3—1/2。

纵轴螺旋形扭曲。



3-137 1. 圆形扁裸藻 *Ph. orbicularis*(正面、侧面及顶面观)；2. 宽扁裸藻 *Ph. pleuronectes*； 3. 三棱扁裸藻 *Ph. triqueter*(正面、侧面及顶面观)

胞扭曲约一周 …… 扭曲扁裸藻 *Ph. tortus*(图 3-138,1)

胞扭曲约两周 …… 旋形扁裸藻 *Ph. helicoides*(图 3-138,2)

胞不沿纵轴螺旋形扭曲。

尾刺常急弯曲呈直角形…… 曲尾扁裸藻 *Ph. lismorensis*(图 3-139,1)

尾刺直或略弯 …… 长尾扁裸藻 *Ph. longicauda*(图 3-139,2－3)

质具肋纹或纵向排列的小瘤或小刺。

质具自左向右的螺旋状肋纹 … 梨形扁裸藻 *Ph. pyrum*(图 3-140,1)

质具纵向排列的小瘤或小刺。

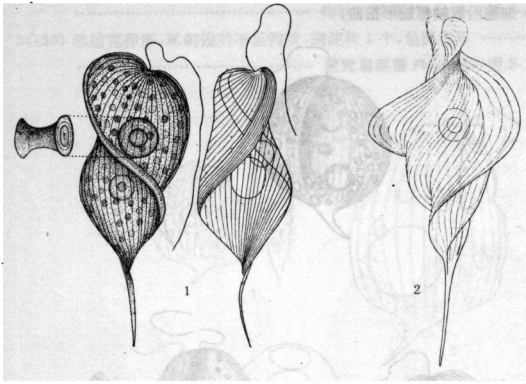


图 3-138　1. 扭曲扁裸藻 *Ph. tortus*；　2. 旋形扁裸藻 *Ph. helicoides*。

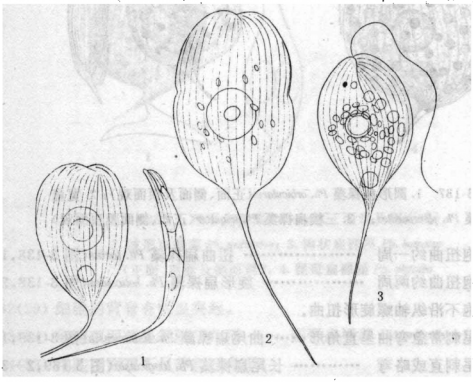
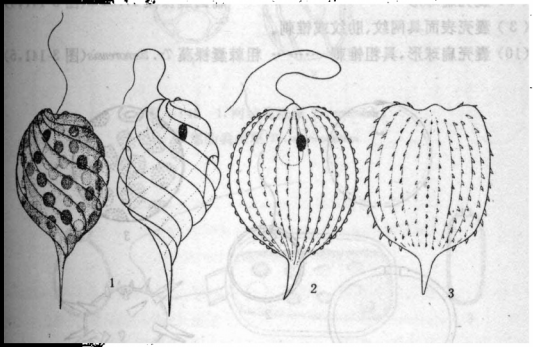


图 3-139　1. 曲尾扁裸藻 *Ph. lismorensis*(正面及侧面观)；2. 长尾扁裸藻 *Ph. longicauda*；3. 长尾扁裸藻虫形变种 *Ph. longicauda* var. *insecta*

表质具纵向排列的小瘤 ……
…… 具瘤扁裸藻 *Ph. suecicus*(图 3-140,2)
表质具纵向排列的小刺 ……
…… 具刺扁裸藻 *Ph. horridus*(图 3-140,3)



3-140 1. 梨形扁裸藻 *Ph. pyrum*; 2. 具瘤扁裸藻 *Ph. suecicus*;
3. 具刺扁裸藻 *Ph. horridus*

裸藻属 *Trachelomonas*

浮游,包于囊壳内,具单鞭毛。囊壳形状多样,表面光滑,无色或黄、橙、褐色,透明或不透明。囊壳前端有鞭毛孔,有环状加厚圈或无。

广泛分布于小型淡水水体(不少种类分布于沼泽地),可大量繁殖而形成水花。

据囊壳的形状和结构,种类极多。

分 种 检 索 表

形成尾刺。

扁球形。

3（8）囊壳表面光滑。

4（7）囊壳圆球形。

5（6）色素体2个 …… 旋转囊裸藻 *Tr. volvocina*（图 3-141,1—2）

6（5）色素体多数 …… 拟旋转囊裸藻 *Tr. volvocinopsis*（图 3-141,3）

7（4）囊壳扁球形…… 扁圆囊裸藻 *Tr. curta*（图 3-141,4）

8（3）囊壳表面具网纹、肋纹或锥刺。

9（10）囊壳扁球形，具粗锥刺 …… 粗棘囊裸藻 *Tr. lismorensis*（图 3-141,5）

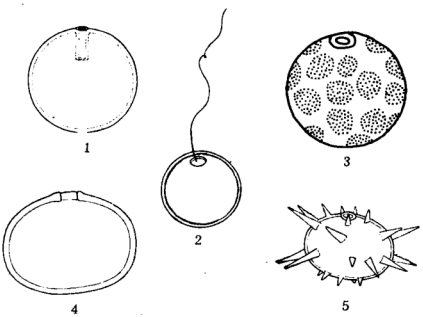


图 3-141 1. 旋转囊裸藻 *Tr. volvocina*；2. 旋转囊裸藻内颈变种 *Tr. volvocina* var. *cervicula*；3. 拟旋转囊裸藻 *Tr. volvocinopsis*；4. 扁圆囊裸藻 *Tr. curta*；5. 粗棘囊裸藻 *Tr. lismorensis*

10（9）囊壳球形，具网纹或肋纹。

11（12）囊壳具大网纹，鞭毛孔无冠状环 ……
…… 网纹囊裸藻 *Tr. reticulata*（图 3-142,1）

12（11）囊壳具粗疏肋纹，鞭毛孔具冠状环 ……
…… 螺肋囊裸藻 *Tr. spiricostatum*（图 3-142,2）

13（2）囊壳卵形、椭球形或圆柱形。

14（21）囊壳表面光滑。

15（16）鞭毛孔具冠状环 …… 拟花冠囊裸藻 *Tr. subcoronetta*（图 3-143,1）

16（15）鞭毛孔不具冠状环。

17（18）鞭毛孔具管状斜领 …… 暗绿囊裸藻 *Tr. euchlora*（图 3-143,2）

鞭毛孔无领或具领状突起。

囊壳长圆柱形，具领状突起 …… 圆柱囊裸藻 *Tr. cylindrica*(图 3-143,3)

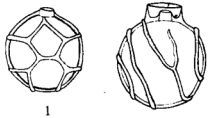


图 3-142 1. 网纹囊裸藻 *Tr. reticulata*；
2. 螺肋囊裸藻 *Tr. spiricostatum*

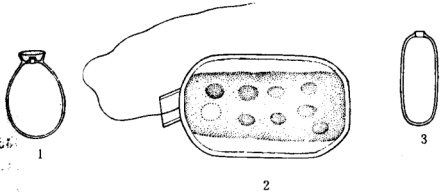


图 3-143 1. 拟花冠囊裸藻 *Tr. subcoronetta*； 2. 暗绿囊裸藻 *Tr. euchlora*； 3. 圆柱囊裸藻 *Tr. cylindrica*

囊壳椭圆形，无领或少数具领状突起 ……
…… 矩圆囊裸藻 *Tr. oblonga*(图 3-119,1)

囊壳表面具各种花纹。

囊壳表面具点纹、孔纹，颗粒或粗糙。

囊壳表面具均匀规则的点纹、孔纹或颗粒。

囊壳具点纹或孔纹。

囊壳无领，或仅具领状突起。

囊壳圆柱形，具点孔纹 …… 湖生囊裸藻 *Tr. lacustris*(图 3-144,1)

囊壳椭圆状圆柱形，具小圆孔纹 ……
…… 截头囊裸藻 *Tr. abrupta*(图 3-144,2)

壳具明显的领。

壳具筛形圆孔纹，具直领 …… 筛孔囊裸藻 *Tr. cribrum*(图 3-144,3)

30(29) 囊壳具细点纹，具弯曲或倾斜的领。

31(32) 囊壳宽圆柱形，领口平截 …… 暗绿囊裸藻(图 3-143,2)

32(31) 囊壳椭圆形，领口具细齿刻 … 相似囊裸藻 *Tr. similis*(图 3-144,4—5)

33(24) 囊壳具颗粒。

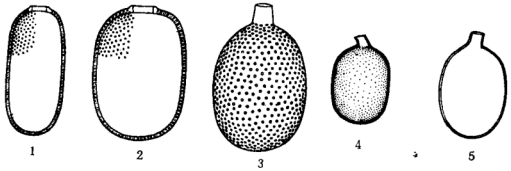


图 3-144 1. 湖生囊裸藻 *Tr. lacustris*； 2. 截头囊裸藻 *Tr. abrupta*；3. 筛孔囊裸藻 *Tr. cribrum*； 4. 相似囊裸藻 *Tr. similis*； 5. 相似囊裸藻透明变种 *Tr. similis* var. *hyalina*

34(35) 囊壳具密集的小颗粒，无领或呈领状突起 ……

…… 细粒囊裸藻 *Tr. granulosa*(图 3-145,1—2)

35(34) 囊壳具稀疏的大颗粒，具齿刻的低领，领较宽……

…… 不定囊裸藻 *Tr. incertissima*(图 3-145,3)

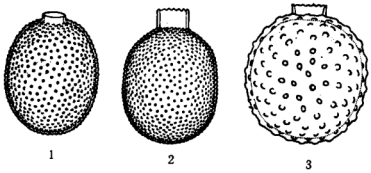


图 3-145 1. 细粒囊裸藻 *Tr. granulosa*； 2. 细粒囊裸藻齿领变种 *Tr. granulosa* var. *crenulatocollis*；3. 不定囊裸藻 *Tr. incertissima*

36(23) 囊壳表面粗糙，具不规则的颗粒。

37(38) 领口无齿刻 …… 糙纹囊裸藻 *Tr. scabra*(图 3-119,2)

的具齿刻。

环明显，较宽 …… 颗粒囊裸藻 *Tr. granulata*（图 3-146,1）

环明显，直向或向外扩展 …… 密集囊裸藻 *Tr. crebea*（图 3-146,2）

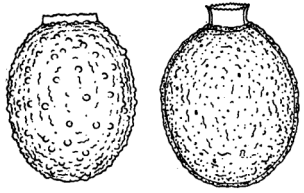


图 3-146　1. 颗粒囊裸藻 *Tr. granulata*；
2. 密集囊裸藻 *Tr. crebea*

壳表面具棘刺。

壳表面具密集细芒刺 …… 芒刺囊裸藻 *Tr. spinulosa*（图 3-147,1）

壳表面具锥刺或棒刺。

壳表面具针状或短小的锥刺。

壳表面具针状小锥刺 … 密刺囊裸藻 *Tr. sydneyensis*（图 3-147,2—4）

壳表面具短锥刺。

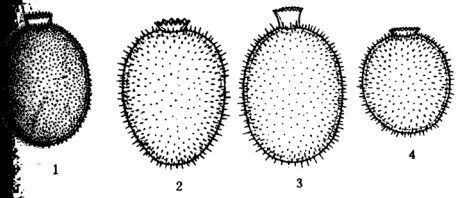


图 3-147　1. 芒刺囊裸藻 *Tr. spinulosa*；2. 密刺囊裸藻 *Tr. sydneyensis*；
3. 密刺囊裸藻具领变种 *Tr. sydneyensis* var. *grandicollis*；4. 密刺囊裸藻
细小变种 *Tr. sydneyensis* var. *minima*

47(48) 囊壳表面具锥形的短刺或乳突，密集或稀疏，常具点纹……
…… 棘刺囊裸藻 *Tr. hispida*(图 3-148,1—4)
48(47) 囊壳表面具短锥刺，密集，无点纹。

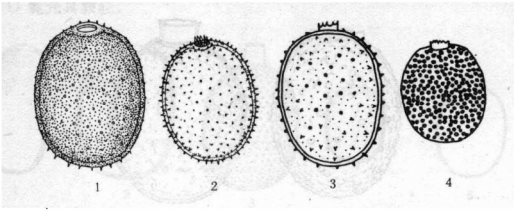


图 3-148 1. 棘刺囊裸藻 *Tr. hispida*；2. 棘刺囊裸藻具冠变种 *Tr. hispida* var. *coronata*；3. 棘刺囊裸藻齿领变种 *Tr. hispida* var. *crenulatocollis*；4. 棘刺囊裸藻粗点变种 *Tr. hispida* var. *macropunctata*

49(50) 囊壳圆柱形，前端平截或圆形，后端圆形……
…… 细刺囊裸藻 *Tr. klebsii*(图 3-149,1)
50(49) 囊壳圆柱状椭圆形，两端对称呈圆形 ……
…… 葱头囊裸藻 *Tr. allia*(图 3-149,2)

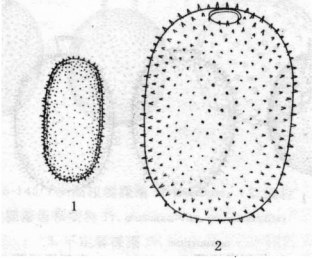


图 3-149 1. 细刺囊裸藻 *Tr. klebsii*；2. 葱头囊裸藻 *Tr. allia*

…粗壮的锥刺或棒刺。

…粗壮的棒刺 …… 南方囊裸藻 *Tr. australica*(图 3-150,1)

…粗壮的锥刺。

…一圆长锥刺。

…圆形到近圆形 …… 华丽囊裸藻 *Tr. superba*(图 3-150,2)

…长，椭圆形 …… 野生囊裸藻 *Tr. ferox*(图 3-150,3)

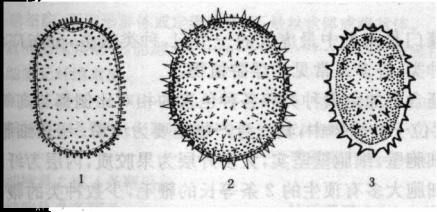
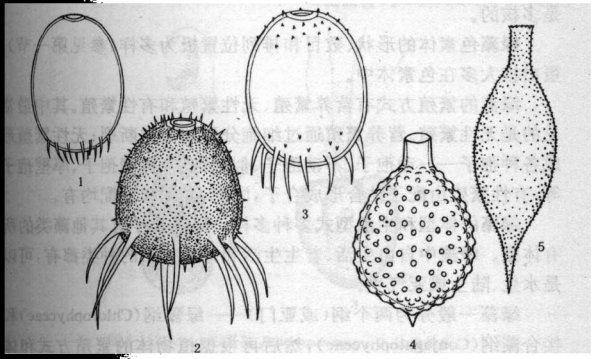


图 3-150 1. 南方囊裸藻 *Tr. australica*； 2. 华丽囊裸藻 *Tr. superba*； 3. 野生囊裸藻 *Tr. ferox*



…尾棘囊裸藻 *Tr. armata*；2. 尾棘囊裸藻长刺变种 …*r. longispina*；3. 尾棘囊裸藻短刺变种 *Tr. armata* var. …；4. 珍珠囊裸藻 *Tr. margaritifera*；5. 长梭囊裸藻 *Tr. nadsoni*

57(54) 囊壳后端具一圈长锥刺 …… 尾棘囊裸藻 *Tr. armata*(图 3-151,1—3)
58(1) 囊壳具尾刺。
59(60) 囊壳椭圆形,尾刺短 …… 珍珠囊裸藻 *Tr. margaritifera*(图 3-151,4)
60(59) 囊壳纺锤形,尾刺长 …… 长梭囊裸藻 *Tr. nadsoni*(图 3-151,5)

第十三节 绿藻门 Chlorophyta

绿藻门是藻类中最庞大的一个门,种类繁多,分布广泛,大多是淡水种类,许多是常见的浮游植物。

绿藻含有的色素种类和各种色素的相对比例都与高等植物相似。色素位于叶绿体中,其光合产物主要为淀粉。绿藻细胞大多有明确的细胞壁。细胞壁坚实,大多外层为果胶质,内层为纤维质。能运动的细胞大多有顶生的 2 条等长的鞭毛,少数种类的鞭毛数目、长短有所不同。

绿藻有明显的核,核有核膜和核仁,大多数是单核,个别种类是多核的。

绿藻色素体的形状、数目和排列位置极为多样(参见第一节)。蛋白核大多在色素体中。

绿藻的繁殖方式有营养繁殖、无性繁殖和有性繁殖。其中最常见的是无性繁殖。营养繁殖通过细胞分裂和藻丝断裂;无性繁殖形成各种孢子——动孢子、不动孢子、似亲孢子、休眠孢子、厚壁孢子等;有性繁殖由配子结合形成合子,同配、异配和卵配均有。

绿藻的体型和生活型式多种多样。绿藻几乎有其他藻类的所有体型。绿藻中自由生活、着生生活和寄生生活的种类都有,可以是水生、陆生或亚气生。

绿藻一般分为两个纲(或亚门)——绿藻纲(Chlorophyceae)和接合藻纲(Conjugatophyceae),然后再根据植物体的繁殖方式和体型分为不同的目(或纲)。以下分别按绿藻纲和接合藻纲列出属的检索表。

绿藻纲:体型多种多样,能运动细胞和生殖细胞具鞭毛,能游

同配、异配或卵配，但不为接合生殖。

营养细胞和生殖细胞都无鞭毛，不能游动，有性繁殖形式的接合生殖（由营养细胞形成可变形的配子相接合孢子）。

一、绿藻纲分属检索表

胞、不定形群体或定形群体，不是丝状体或膜状体。

细胞具鞭毛，能运动 …… 团藻目 Volvocales

无纤维素壁。

无壳 …… 多毛藻科 Polyblepharidaceae

具 1 条鞭毛，细胞前端不分叶；色素体镰状 ……

…… 平藻属 *Pedinomonas*（图 3-152，1）

具 2 或 4 条鞭毛。

具 2 条鞭毛 …… 杜氏藻属 *Dunaliella*（图 3-152，2）

具 4 条鞭毛，细胞前端分为四叶；色素体杯状 ……

…… 塔胞藻属 *Pyramidomonas*（图 3-152，3）

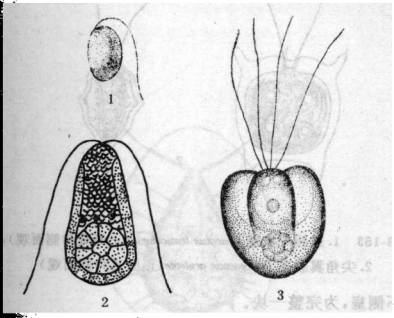


图 3-152 1. 小形平藻 *Pedinomonas minor*；2. 盐生杜氏藻 *Dunaliella salina*；3. 娇柔塔胞藻 *Pyramidomonas delicatula*

壳 上 …… 壳衣藻科 Phacotaceae

由两半组成。

11(12) 囊壳表面粗糙，色暗不透明 …… 壳衣藻属 *Phacotus*(图 3-153,1)

12(11) 囊壳表面平滑，有时具翼状突起 … 翼膜藻属 *Pteromonas*(图 3-153,2)

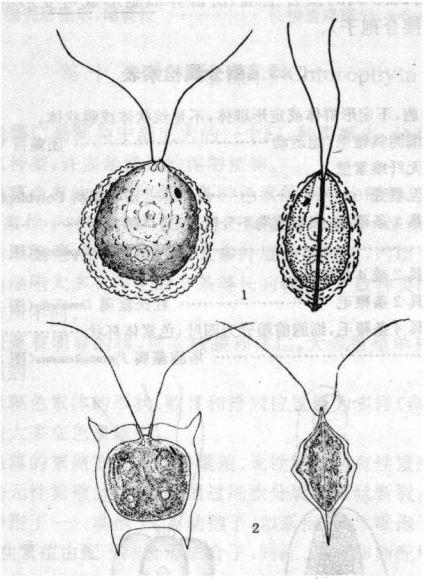


图 3-153 1. 透镜壳衣藻 *Phacotus lenticularis*(正面观和侧面观)；
2. 尖角翼膜藻 *Pteromonas aculeate*(正面观和侧面观)

13(10) 囊壳不侧扁，为完整一块。

14(15) 囊壳不具小孔，前端只有 1 个顶生鞭毛孔 ……
…… 球粒藻属 *Coccomonas*(图 3-154,1)

15(14) 囊壳上具许多小孔，前端有两个分开的顶生鞭毛孔 ……
…… 异形藻属 *Dysmorphococcus*(图 3-154,2)

16(3) 细胞有纤维素壁。

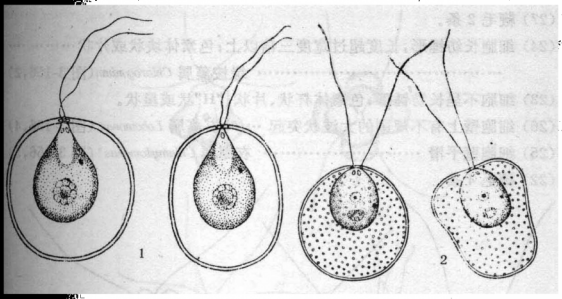


图 3-154　1. 球粒藻 *Coccomonas orbicularis*（正面观及侧面观）；
2. 异形藻 *Dysmorphococcus variabilis*（正面观及侧面观）

细胞原生质之间有一定距离，有许多辐射状的细胞质连丝 ……
…… 红球藻科 Haematococcaceae——红球藻属 *Haematococcus*（图 3-155）

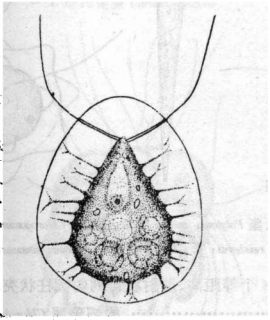


图 3-155　雨生红球藻 *Haematococcus pluvialis*

…… 细胞原生质之间无细胞质连丝 …… 衣藻科 Chlamydomonadaceae
…… 衣藻属 *Polytoma*（图 3-156,1）

21(20) 细胞有色素。

22(27) 鞭毛 2 条。

23(24) 细胞长纺锤形，长度超过宽度三倍以上；色素体块状或片状…… ……绿梭藻属 *Chlorogonium*(图 3-156,2)

24(23) 细胞不呈长纺锤形；色素体杯状、片状、"H"状或星状。

25(26) 细胞壁上有不规则的大波状突起 … 叶衣藻属 *Lobomonas* (图 3-156,4)

26(25) 细胞壁平滑 …… 衣藻属 *Chlamydomonas**(图 3-156,3)

27(22) 鞭毛 4 条。

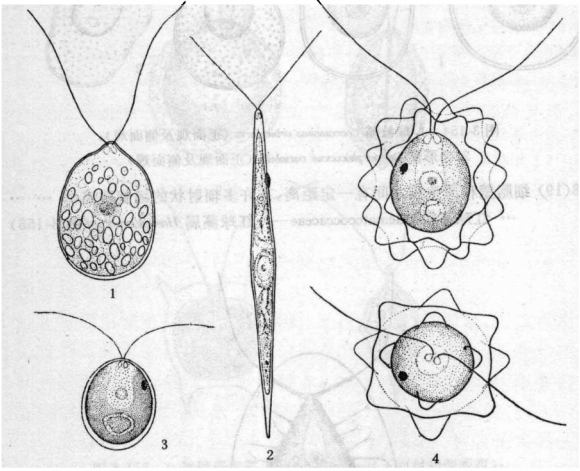


图 3-156 1. 紫衣藻 *Polytoma uvella*；2. 长绿梭藻 *Chlorogonium elongatum*；3. 莱哈衣藻 *Chlamydomonas reinhardi*；4. 中华叶衣藻 *Lobomonas sinensis*(正面观及顶面观)

28(29) 细胞中部有 4 个等距离、放射状排列的圆柱状突起 …… ……绿辐藻属 *Chlorobrachis*(图 3-157,1—3)

29(28) 细胞无圆柱状突起 …… 四鞭藻属 *Carteria*(图 3-157,4)

30(17) 多细胞群体。

31(32) 群体外无共同胶被，群体呈桑椹形 ……

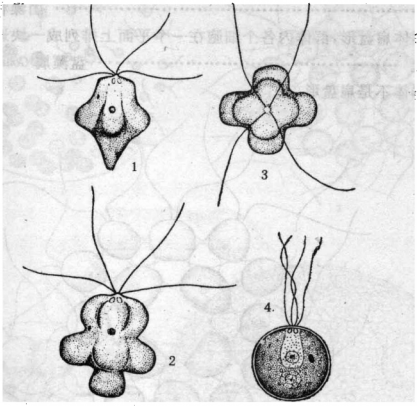


图 3-157　1—3. 八出绿幅藻 *Chlorobrachis octocornis*(正面观及顶面观)；
4. 球四鞭藻 *Carteria globosa*

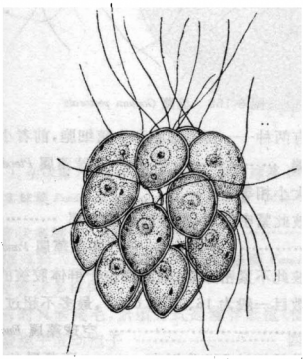


图 3-158　纤细桑椹藻 *Pyrobotrys gracilis*

32(31) 群体外具共同胶被，群体扁盘形、球形、卵形或椭圆形 …… 团藻科 Volvocaceae

33(34) 群体扁盘形，群体内各个细胞在一个平面上排列成一块近方形的扁平盘 …… 盘藻属 *Gonium*(图 3-159)

34(33) 群体不是扁盘形。

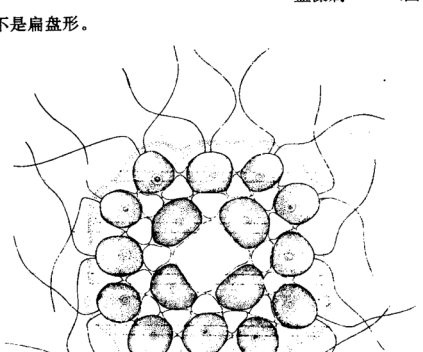


图 3-159 盘藻 *Gonium pectorale*

35(36) 群体内细胞有两种——营养细胞和生殖细胞，前者小，后者大，分别位于群体的两端 …… 杂球藻属 *Pleodorina*(图 3-160,1)

36(35) 群体内细胞大小相等。

37(38) 群体内细胞彼此紧密贴靠，都在胶被的中部 …… 实球藻属 *Pandorina*(图 3-160,3)

38(37) 群体内细胞彼此不紧密贴靠，细胞都位于群体胶被的周缘。

39(40) 群体内细胞数目一般为 16、32 或 64 个，最多不超过 256 个 …… 空球藻属 *Eudorina*(图 3-160,2)

40(39) 群体内细胞数目超过 500 个以上 …… 团藻属 *Volvox*(图 3-160,4)

41(2) 营养细胞不具鞭毛或仅具假鞭毛，不能运动。

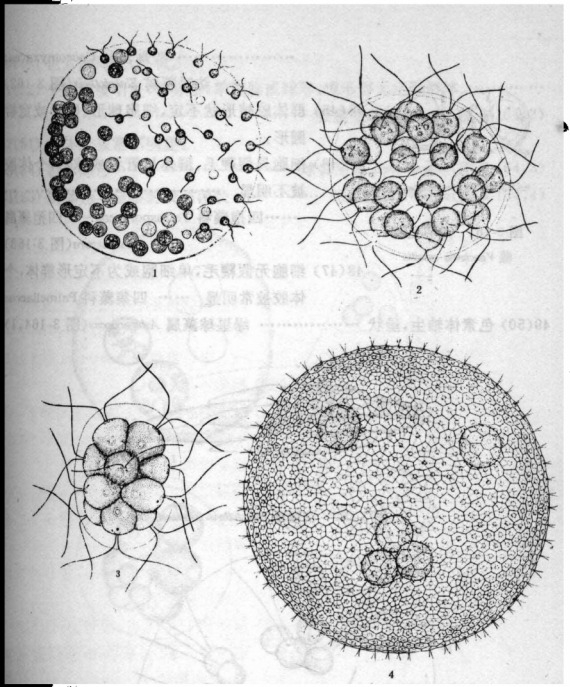


图 3-160　1. 杂球藻 *Pleodorina californica*；2. 空球藻 *Eudorina elegans*；
3. 实球藻 *Pandorina morum*；4. 美丽团藻 *Volvox aureus*

物体为管状多核体 …… 管藻目 Siphonales

——无隔藻科 Vaucheriaceae——无隔藻属 *Vaucheria*(图 3-14;3-161)

物体不是管状多核体。

营细胞有时具假鞭毛，繁殖方式是营养繁殖(植物性细胞分裂)；不形成似亲孢子或动孢子 …… 四孢藻目 Tetrasporales

胶被为纺锤形或长椭圆形，细胞纺锤形 ……

…… 胶球藻科 Coccomyxaceae

——纺锤藻属 *Elakatothrix*(图 3-162)

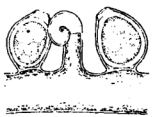


图 3-161 无柄无隔藻 *Vaucheria sessilis*

46(45) 群体胶被形状不定，细胞球形、卵形或宽椭圆形。

47(48) 细胞具假鞭毛，群体长管状或球形，个体胶被不明显 …… ……四孢藻科 Tetrasporaceae——四孢藻属 *Tetraspora*(图 3-163)

48(47) 细胞无假鞭毛，单细胞或为不定形群体，个体胶被常明显 …… 四集藻科 Palmellaceae

49(50) 色素体轴生，星状 …… 绿星球藻属 *Asterococcus*(图 3-164,1)

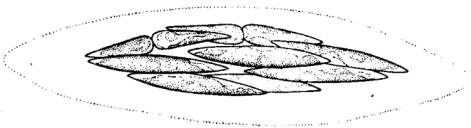


图 3-162 纺锤藻 *Elakatothrix gelatinosa*

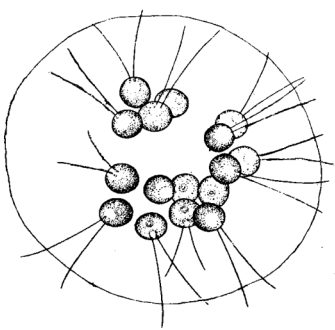


图 3-163 湖生四孢藻 *Tetraspora lacustris*

…群体同生，杯状。
…体胶被明显，常分层，单细胞或球形、锥形等无定形群体 ……
…… 胶囊藻属 *Gloeocystis*(图 3-164,2)
…体胶被常不明显。
…群体球形 …… 球囊藻属 *Sphaerocystis*(图 3-164,3)
…群体为不定形的胶质团块 …… 四集藻属 *Palmella*(图 3-164,4)

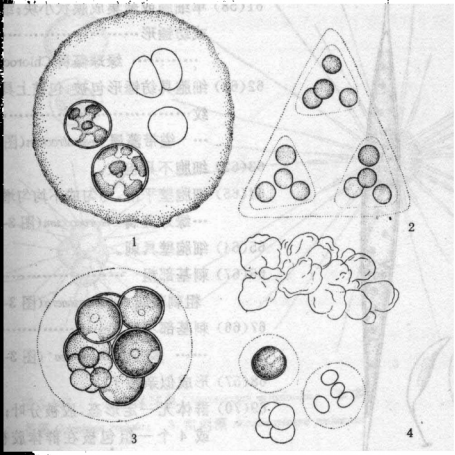


图 3-164 1. 湖生绿星球藻 *Asterococcus limneticus*； 2. 锥形胶囊藻 *Gloeocystis planctonica*； 3. 球囊藻 *Sphaerocystis schroeteri*； 4. 粘四集藻 *Palmella mucosa*(群体和群体内细胞放大)

…细胞不具假鞭毛，繁殖方式不是营养繁殖(植物性细胞分裂)，而…似亲孢子或动孢子 …… 绿球藻目 Chlorococcales
…或不定形群体。
…孢子。
…或连成辐射状群体；细胞长，两端钝圆或尖细，或两端(或一端)…柄或柄 …… 小桩藻科 Characiaceae

59(60) 细胞具柄，附生于其他物体上 ……
…… 小桩藻属
Characium（图 3-165,1）

60(59) 细胞无柄，两端各具一长刺，漂浮生活 ……
弓形藻属 *Schroederia**（图 3-165,2）

61(58) 单细胞或聚集成膜状小块；细胞球形或纺锤形……
…… 绿球藻科 Chlorococcaceae

62(63) 细胞具纺锤形包被，包被上具纵向肋纹……
… 缢带藻属 *Desmatractum*（图 3-166）

63(62) 细胞不具包被。

64(65) 细胞壁平滑，均匀或不均匀增厚 ……
…绿球藻属 *Chlorococcum*（图 3-167,1）

65(64) 细胞壁具刺。

66(67) 刺基部粗 ……
粗刺藻属 *Acanthosphaera*（图 3-167,3）

67(66) 刺基部不粗 ……
…… 多芒藻 *Golenkinia**（图 3-167,2）

68(57) 形成似亲孢子。

69(70) 群体无一定形态，胶被分叶；细胞 2 或 4 个一组包被在群体胶被的顶端，成葡萄状 ……
…… 葡萄藻科 Botryococcaceae——
葡萄藻属① *Botryococcus*（图 3-168）

70(69) 单细胞或群体，胶被不分叶；细胞不在群体胶被的顶端形成葡萄状。

71(84) 常为单细胞②……
…… 小球藻科 Chlorellaceae

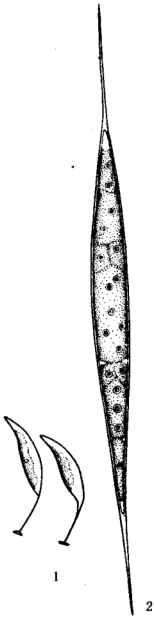


图 3-165 1. 狭形小桩藻 *Characium angustum*；2. 弓形藻 *Schroederia setigera*

① 也有将此属归于黄藻门的。

② 也有植物体为群体的，在分类时应加注意。

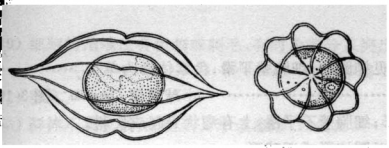


图 3-166　绥带藻 *Desmatractum plicatum*(侧面观及顶面观)

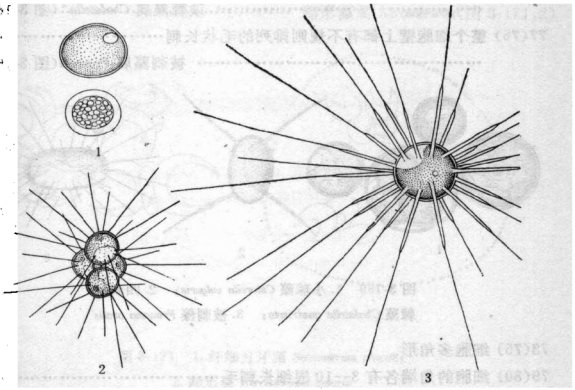


图 3-167　1. 水溪绿球藻 *Chlorococcum infusionum*；　2. 多芒藻 *Golenkinia radiata*；　3. 粗刺藻 *Acanthosphaera zachariasi*

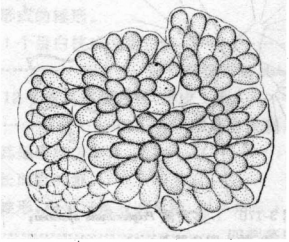


图 3-168　葡萄藻 *Botryococcus braunii*

72(81) 单细胞。

73(74) 细胞球形，罕见椭圆形，细胞壁平滑，色素体常为单个 …… 小球藻属 *Chlorella**（图 3-169,1）

74(73) 细胞不为球形，细胞壁不平滑，上有瘤状突起或长刺。

75(78) 细胞椭圆形，近圆柱形或近球形。

76(77) 细胞两端或两端和中部有对称排列的长刺 …… 顶棘藻属 *Chodatella**（图 3-169,2）

77(76) 整个细胞壁上都有不规则排列的毛状长刺 …… 被刺藻属 *Franceia*（图 3-169,3）

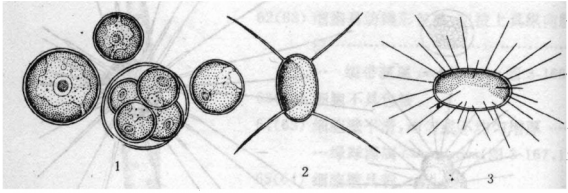


图 3-169　1. 小球藻 *Chlorella vulgaris*；　2. 四刺顶棘藻 *Chodatella quadriseta*；　3. 被刺藻 *Franceia ovalis*

78(75) 细胞多角形。

79(80) 细胞的角端各有 3—10 根细长刺毛 …… 多突藻属 *Polyedriopsis*（图 3-170,1）

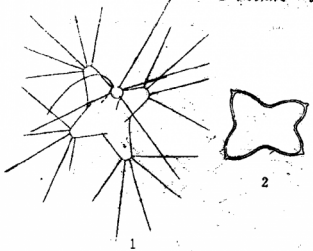


图 3-170　1. 多突藻 *Polyedriopsis spinosa*；　2. 微小四角藻 *Tetraëdron minimum*

80(79) 细胞的角端没有粗刺或刺毛，有时角端分叉突出或成为短棘 …… …… 四角藻属 *Tetraëdron**(图 3-170,2)

81(72) 群体。

82(83) 群体不具胶被；细胞新月形或镰形，以凸出的一侧相靠排列…… …… 月牙藻 *Selenastrum*(图 3-171,1)

83(82) 群体具胶被；细胞新月形或镰形，分散排列在胶被内…… …… 蹄形藻属 *Kirchneriella*(图 3-171,2)

1

2

图 3-171 1. 纤细月牙藻 *Selenastrum gracile*；
2. 蹄形藻 *Kirchneriella lunaris*

84(71) 常为群体，多有共同胶被或母细胞壁包被 … 卵囊藻科 Oocystaceae

85(102) 单细胞。

86(89) 细胞针形或纺锤形。

87(88) 细胞具 1 个蛋白核或无蛋白核 …… …… 纤维藻属 *Ankistrodesmus**(图 3-172,1)

88(87) 细胞具 12 个或更多蛋白核，排成 1 列 …… …… 拟新月藻属 *Closteriopsis*(图 3-172,2)

89(86) 细胞为其他形状。

90(93) 细胞具长而粗的刺。

91(92) 细胞角锥形、扁平三角或四角形，每个角具 1 条粗刺 …… …… 四刺藻属 *Treubaria*(图 3-173,1)

92(91) 细胞球形，具密集的长刺 …… 棘球藻属 *Echinosphaerella*(图 3-173,2)

93(90) 细胞不具粗刺。

94(97) 细胞具胶鞘。

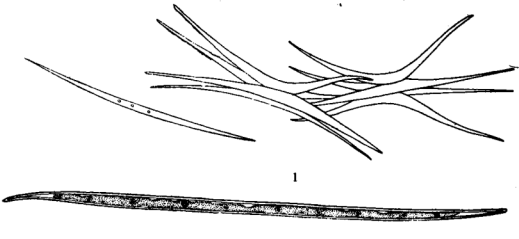


图 3-172 1. 镰形纤维藻 *Ankistrodesmus falcatus*(单细胞及群体);
2. 拟新月藻 *Closteriopsis longissima*

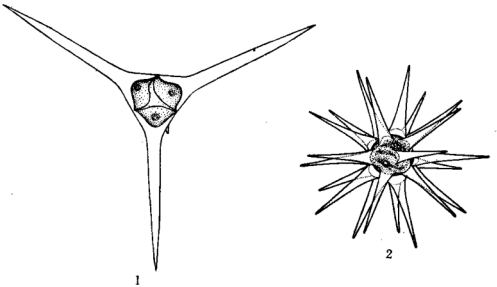


图 3-173 1. 粗刺四刺藻 *Treubaria crassispina*;
2. 棘球藻 *Echinosphaerella limnetica*

95(96) 细胞椭圆形;胶鞘形成明显的、末端成钩状的短刺状突起……
…… 棘鞘藻属 *Echinocoleum*(图 3-174,1)

96(95) 细胞球形;胶鞘无钩状的短刺状突起 ……
…… 浮球藻属 *Planktosphaeria*(图 3-174,2)

97(94) 细胞不具胶鞘。

98(101) 细胞壁均匀增厚。

(100) 细胞壁具 2 到多条翼状折起 …… 螺翼藻属 *Scotiella*(图 3-175,1)

(99) 细胞壁具窝孔、小刺、网或脊状突起 ……
…… 小桩藻属 *Trochiscia*(图 3-175,2)

(98) 细胞壁不增厚,或仅两端增厚 …… 卵囊藻属 *Oocystis*(图 3-175,3)

(85) 群体。

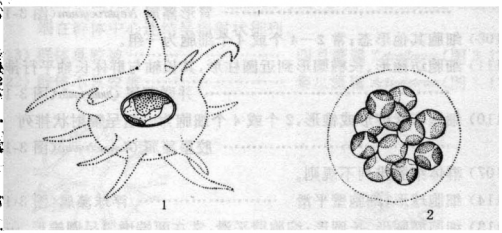


图 3-174 1. 棘鞘藻 *Echinocoleum elegans*;
2. 浮球藻 *Planktosphaeria gelatinosa*

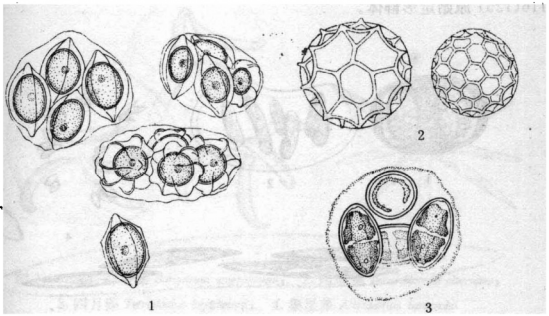


图 3-175 1. 中华螺翼藻 *Scotiella sinica*; 2. 小桩藻 *Trochiscia reticularis*; 3. 湖生卵囊藻 *Oocystis lacustis*

(104) 群体无胶被,细胞不规则地聚集成群 …… 纤维藻属(图 3-172,1)

(103) 群体具胶被,细胞排列规则或不规则。

105(106) 细胞包被在不胶化的母细胞壁内；细胞间胶被常呈黑色 …… 胶带藻属 *Gloeotaenium*(图 3-176,1)

106(105) 细胞包被在胶化的母细胞壁或胶质内；细胞间胶被不呈黑色。

107(112) 群体细胞排列规则。

108(109) 细胞肾形、新月形或长椭圆形，常呈螺旋状排列 …… 肾形藻属 *Nephrocytium*(图 3-176,2)

109(108) 细胞其他形态；常 2—4 个或 4 个细胞为一组。

110(111) 细胞纺锤形、长椭圆形到近圆柱形，其长轴与群体长轴平行排列 …… 并联藻属 *Quadrigula*(图 3-176,3)

111(110) 细胞卵状楔形或锥形，2 个或 4 个细胞为一组呈辐射状排列 …… 胶星藻属 *Gloeoactinium*(图 3-176,4)

112(107) 群体细胞排列不规则。

113(114) 细胞球形；细胞壁平滑 …… 浮球藻属(图 3-174,2)

114(113) 细胞椭圆形，长圆形；细胞壁平滑，常在两端增厚呈圆锥形 …… 卵囊藻属(图 3-175,3)

115(56) 群体为定形群体。

116(125) 原始定形群体。

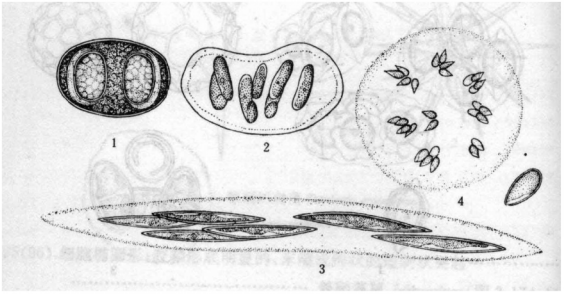


图 3-176 1. 胶带藻 *Gloeotaenium loitelsbergerianum*； 2. 肾形藻 *Nephrocytium agardhianum*； 3. 并联藻 *Quadrigula chodatii*； 4. 胶星藻 *Gloeoactinium limneticum*(群体及细胞)

117(124) 群体内细胞以胶质相连，细胞靠近 …… 群星藻科 Sorastraceae

18(119) 群体内细胞具宽的胶质柄，辐射状与中心多角形胶质块相连 ……
…… 群星藻属 *Sorastrum*(图 3-177,1)
19(118) 群体内细胞不具胶质柄。
20(121) 细胞卵圆形或椭圆形，在群体中心紧密交错排列 ……
…… 四球藻属 *Tetrachlorella*(图 3-177,2)
21(120) 细胞长圆柱形或纺锤形，直立或弯曲，以其一端彼此连结或以其一端在群体中心连结呈辐射状排列。
22(123) 群体具胶被 …… 四月藻属 *Tetrallantos*(图 3-177,3)
23(122) 群体不具胶被 …… 集星藻属 *Actinastrum*(图 3-177,4)

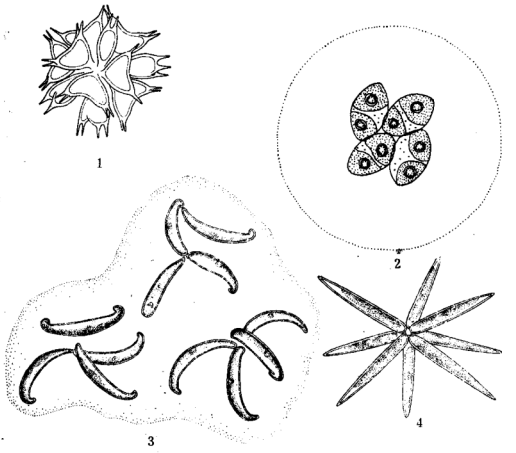


图 3-177 1. 群星藻 *Sorastrum americanum*； 2. 四球藻 *Tetrachlorella alternans*；
3. 四月藻 *Tetrallantos lagerheimii*； 4. 集星藻 *Actinastrum hantzschii*

24(117) 群体内个体细胞 4 个或 2 个为一组，以残存的母细胞壁相连，细胞分散 …… 胶网藻科 Dictyosphaeriaceae
—— 胶网藻属 *Dictyosphaerium**(图 3-178)
25(116) 真性定形群体。

126(129) 植物体为扁平盘状或囊状的网 …… 水网藻科 Hydrodictyaceae

127(128) 植物体大型，肉眼可见；细胞圆柱形到宽卵形，彼此两端相连组成囊状网 …… 水网藻属 *Hydrodictyon*（图 3-179，1）

128(127) 植物体为扁平盘状，细胞由内向外排列，外侧细胞常具突起…… …… 盘星藻属 *Pediastrum*（图 3-179，2）

129(126) 植物体不是扁平盘状或囊状的网。

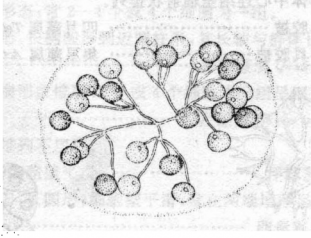


图 3-178 美丽胶网藻 *Dictyosphaerium pulchellum*

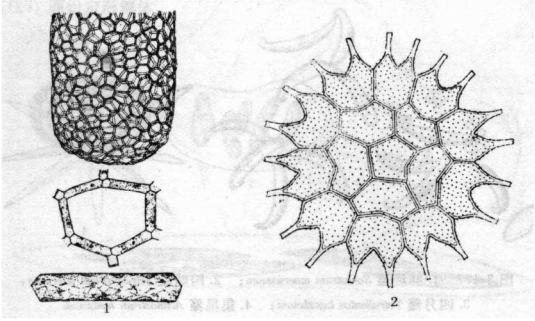


图 3-179 1. 水网藻 *Hydrodictyon reticulatum*（植物体及其放大）；2. 短棘盘星藻 *Pediastrum boryanum*

130(147) 群体为栅状、四角状或辐射状 …… 栅藻科 Scenedesmaceae

131(132) 群体内每一组 4 个细胞有两种形态，中间两个长卵形，两侧两个肾

形 …… 双形藻属 *Dimorphococcus*(图 3-180)

132(131) 群体内细胞形态相同。

133(136) 细胞纺锤形、卵形或长圆形。

134(135) 每个群体由 4—8 个细胞长轴平行在同一平面上排列成一列,有时上下两列或多列 …… 栅藻属 *Scenedesmus*(图 3-181,1)

135(134) 每个群体 4 个细胞长轴平行不在同一平面上排列,呈四角形排列 …… 四链藻属 *Tetradesmus*(图 3-181,2)

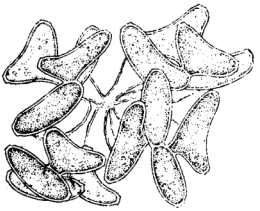


图 3-180 月形双形藻 *Dimorphococcus lunatus*

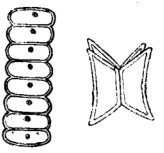


图 3-181 1. 双对栅藻 *Scenedesmus bijuga*; 2. 四链藻 *Tetradesmus wisconsinense*

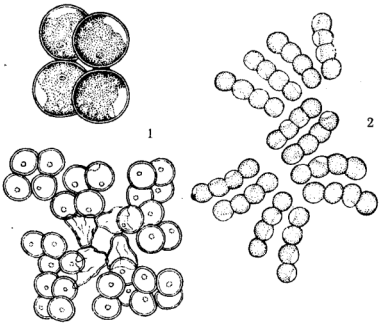


图 3-182 1. 韦斯藻 *Westella botryoides*; 2. 线形拟韦斯藻 *Westellopsis linearis*

136(133) 细胞球形、半球形、三角形或梯形。

137(144) 细胞球形。

138(141) 群体细胞在同一平面上排列。

139(140) 在同一平面上排列成四方形 …… 韦斯藻属 *Westella*(图 3-182,1)

140(139) 在同一平面上排列成一横列… 拟韦斯藻属 *Westellopsis*(图 3-182,2)

141(138) 群体细胞不在同一平面上排列，排列成四面角锥体、球体。

142(143) 群体细胞排列成角锥形；细胞向外一侧具一条长刺 ……
…… 芒锥藻属 *Errerella*(图 3-183,1)

143(142) 群体细胞排列成四方形或球形；细胞向外一侧具 1—10 根长刺 ……
…… 微芒藻属 *Micractinium*(图 3-183,2)

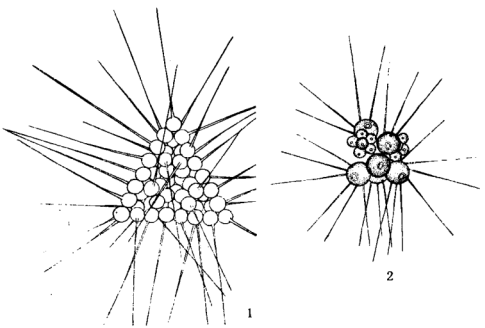


图 3-183 1. 芒锥藻 *Errerella bornhemiensis*； 2. 微芒藻 *Micractinium pusillum*

144(137) 细胞三角形、梯形或半球形，群体细胞在同一平面上排列。

145(146) 细胞外侧具 1—7 条刺 …… 四星藻属 *Tetrastrum*(图 3-184,1)

146(145) 细胞外侧不具刺…… 十字藻属 *Crucigenia*"(图 3-184,2)

147(130) 群体为中空的球体 …… 空星藻科 Coelastraceae
——空星藻属 *Coelastrum*"(图 3-184,3)

148(1) 简单或分枝丝状体、膜状体。

149(156) 细胞多核 …… 刚毛藻目 Cladophorales——刚毛藻科 Cladophoraceae

150(153) 藻丝分枝稀少。

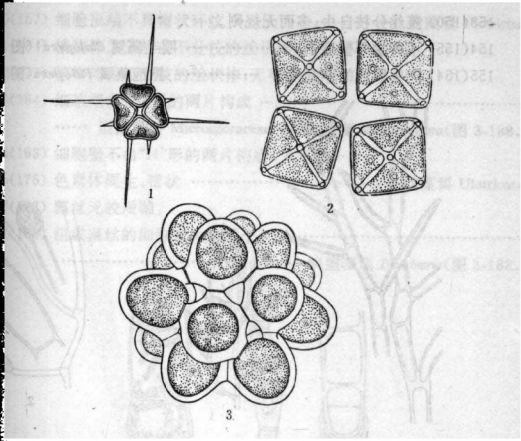


图 3-184　1. 异刺四星藻 *Tetrastrum heterocanthum*；2. 四足十字藻 *Crucigenia tetrapedia*；3. 小空星藻 *Coelastrum microporum*

(152) 只在基部固着部分分枝(产生侧枝)……
……基枝藻属 *Basicladia*(图 3-185,1)

(151) 分枝根状,短,只几个细胞 …… 根枝藻属 *Rhizoclonium*(图 3-185,2)

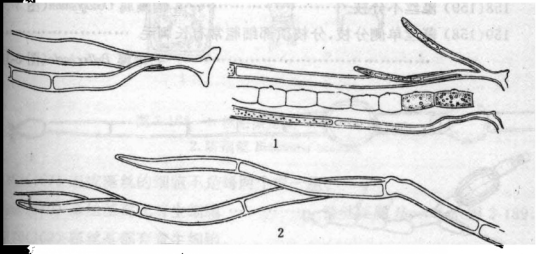


图 3-185　1. 龟背基枝藻 *Basicladia chelonum*.
2. 胡克根枝藻 *Rhizoclonium hookeri*

153(150) 藻丝分枝自由，多而无规则。

154(155) 不产生厚壁孢子 …… 刚毛藻属 *Cladophora*（图 3-186

155(154) 产生黑色的厚壁孢子 …… 黑孢藻属 *Pithophora*（图 3-186

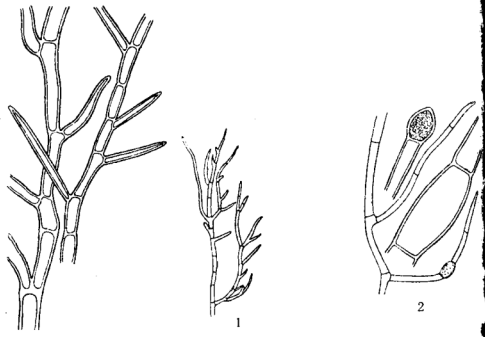


图 3-186 1. 脆弱刚毛藻 *Cladophora fracta*；
2. 黑孢藻 *Pithophora oedogonia*

156(149) 细胞单核。

157(160) 细胞顶端具帽状环纹……

…… 鞘藻目 Oedogoniales——鞘藻科 Oedogonia

158(159) 藻丝不分枝 …… 鞘藻属 *Oedogonium*（图 3-18

159(158) 藻丝单侧分枝，分枝顶部细胞常有长刺毛 ……

…… 毛鞘藻 *Bulbochaete*（图 3-187

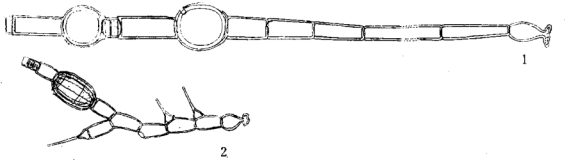


图 3-187 1. 中型鞘藻 *Oedogonium intermedium*；2. 矮毛鞘藻 *Bulbochaete nana*

160(157) 细胞顶端不具帽状环纹 …… 丝藻目 Ulotrichales

161(184) 植物体为分枝或不分枝的丝状体；具毛或不具毛。

162(177) 植物体为不分枝的丝状体；无毛。

163(164) 细胞壁由“H”形的两片构成 ……

…… 微孢藻科 Microsporaceae——微孢藻属 *Microspora*(图 3-188,1)

164(163) 细胞壁不由“H”形的两片构成，为完整一片。

165(176) 色素体周生、带状 …… 丝藻科 Ulotricaceae

166(173) 藻丝无胶质鞘。

167(168) 组成藻丝的细胞常为每两个一组……

…… 骈胞藻属 *Binuclearia*(图 3-188,2)

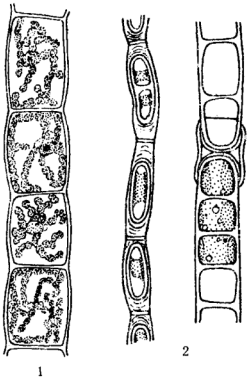


图 3-188 1. 丛毛微孢藻 *Microspora floccosa*；
2. 骈胞藻 *Binuclearia tectorum*

167(167) 组成藻丝的细胞不是每两个成一组。

170(170) 藻丝基部无着生细胞 …… 链丝藻属 *Hormidium*(图 3-189,1)

169(169) 藻丝基部有着生细胞。

172(172) 藻丝游离端尖细 …… 尾丝藻属 *Uronema*(图 3-189,3)

171(171) 藻丝游离端不尖细 …… 丝藻属 *Ulothrix*(图 3-189,2)

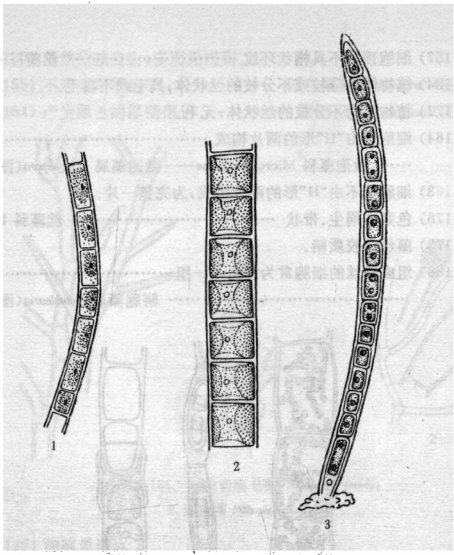


图 3-189　1. 链丝藻 *Hormidium flaccidum*；2. 细丝藻 *Ulothrix tenerrima*；3. 尾丝藻 *Uronema confervicolum*

173(166) 藻丝具宽的胶质鞘。

174(175) 细胞圆柱形；细胞壁不由两半片组成 …… 双胞藻属 *Geminella*(图 3-190,1)

175(174) 细胞近球形或透镜形；细胞壁由两半片组成 …… 辐丝藻 *Radiofilum*(图 3-190,2)

176(165) 色素体轴生，星状 …… 筒藻科 Cylindrocapsaceae——筒藻属 *Cylindrocapsa*(图 3-190,3)

177(162) 植物体为分枝的丝状体，具毛 …… 胶毛藻科 Chaetophoraceae①

① 具同样特征的还有几个科，本检索表未列入。

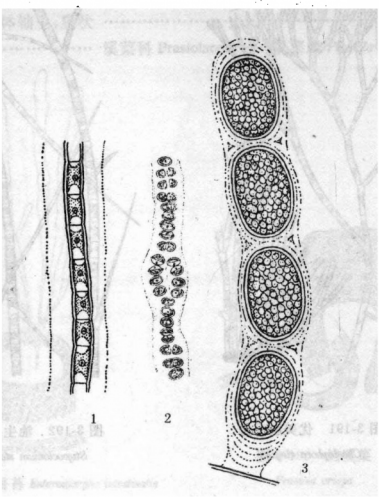


图 3-190　1. 小双胞藻 *Geminella minor*；2. 辐丝藻 *Radiofilum irregulare*；3. 筒藻 *Cylindrocapsa geminella*

(79) 植物体呈球形、半球形或其他形态的团块，在团块内藻丝体自中央向四周作辐射排列；营生种类 …… 胶毛藻属 *Chaetophora*（图 3-191）

(78) 植物体无一定形态，藻丝体呈不完全辐射排列。

(11) 藻丝的直立枝和葡匐枝均发达，直立枝呈树枝状分枝，宽度相等…… …… 毛枝藻属 *Stigeoclonium**（图 3-192）

(12) 藻丝仅直立枝发达，主枝宽度明显大于侧枝宽度。

(13) 主枝细胞长度相等 …… 竹枝藻属 *Draparnaldia*（图 3-193，1）

(14) 主枝细胞有规则地长短相间…… …… 拟竹枝藻属 *Draparnaldiopsis*（图 3-193，2）

(1) 植物体为中空管状体，单层细胞组成。

(2) 色素体周生，片状 …… …… 石莼科 Ulvaceae——浒苔属 *Enteromorpha*（图 3-194）

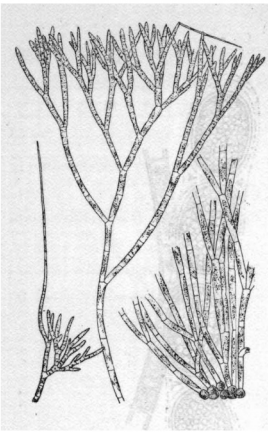


图 3-191　优美胶毛藻
Chaetophora elegans

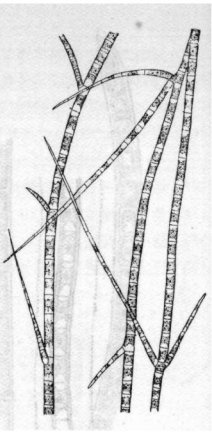


图 3-192　池生毛枝藻
Stigeoclonium stagnatil

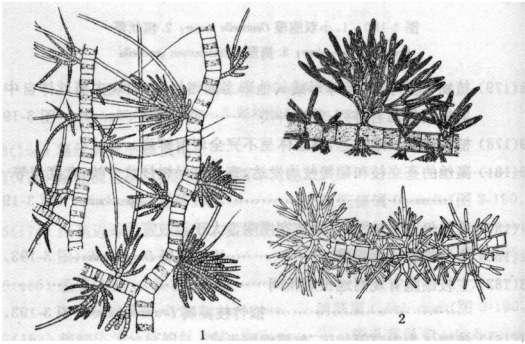
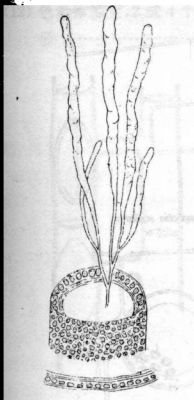


图 3-193　1. 簇生竹枝藻 *Draparnaldia glomerata*；
2. 寡枝拟竹枝藻 *Draparnaldiopsis simplex*

色素体轴生，星状 ……
…… 溪菜科 Prasiolaceae——溪菜属 *Prasiola*(图 3-195)



194 肠浒苔 *Enteromorpha intestinalis*

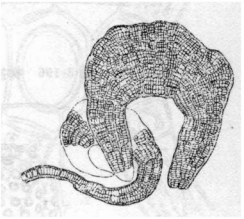


图 3-195 绉溪菜
Prasiola crispa

二、接合藻纲分属检索表

植物体为紧密连接的永久性的丝状体。
色素体轴生，板状或星芒状，不螺旋状盘绕……
…… 双星藻目 Zygnematales——双星藻科 Zygnemataceae
板状色素体…… 转板藻属 *Mougeotia*(图 3-3,7－8；图 3-196)
星芒状色素体。
繁殖时配子囊及静孢子囊内无胶质……
…… 双星藻属 *Zygnema*(图 3-3,9；图 3-197,1)
繁殖时配子囊及静孢子囊内充满胶质……
…… 拟双星藻属 *Zygnemopsis*(图 3-197,2)
色素体周生，带状。
带状色素体螺旋盘绕；繁殖时产生接合管 ……
…… 水绵属 *Spirogyra*(图 3-3,2；图 3-198,1)

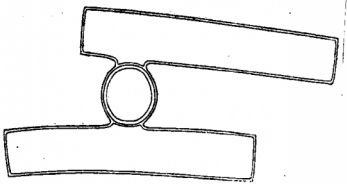


图 3-196　梯接转板藻 *Mougeotia scalaris*

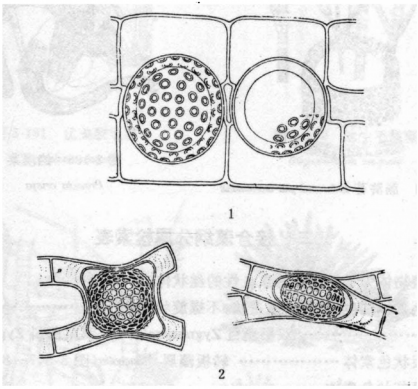


图 3-197　1. 江西双星藻 *Zygnema kiangsiensis*
2. 武昌拟双星藻 *Zygnemopsis wuchangensis*

9（8）带状色素体略弯曲，繁殖时不产生接合管，由两配子囊直接接合 ……
…… 链膝藻属 *Sirogonium*（图 3-198，2）

10（1）植物体为单细胞，极少情况下可相连成为暂时性的简单丝状体。

11(14) 细胞壁上没有微孔，分裂的细胞不产生一个新的半细胞 ……
…… 中带藻目 Mesotaniales——中带藻科 Mesotaeniacea

12(13) 色素体轴生，1 或 2 个，带状，细胞长圆柱形或棒状，两端平直 ……
…… 棒形鼓藻属 *Gonatozygon*(图 3-199,1)

13(12) 色素体轴生，2 或 4 个，有辐射状纵脊 6－12 个；细胞长椭圆形到纺锤形 …… 梭形鼓藻属 *Netrium*(图 3-199,2)

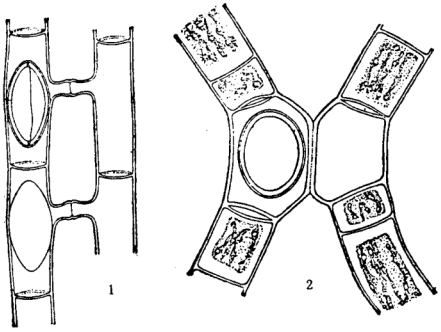


图 3-198 1. 普通水绵 *Spirogyra communis*；
2. 点形链膝藻 *Sirogonium sticticum*

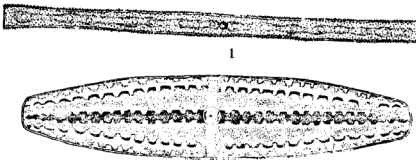


图 3-199 1. 棒形鼓藻 *Gonatozygon monotaenium*；
2. 迪格梭形鼓藻 *Netrium digitus*

14(11) 细胞壁上有微孔；分裂的细胞产生一个新的半细胞 ……
…… 鼓藻目 Desmidiales——鼓藻科 Desmidiaceae(图 3-200)

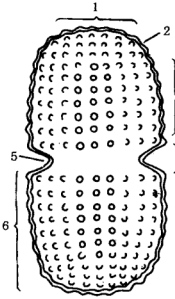


图 3-200　鼓藻细胞的外部形态
1. 顶缘；2. 顶角；3. 侧缘；4. 缢缝；5. 缢部；6. 半细胞

15(42) 单细胞。

16(19) 细胞中部不收缩凹入，没有缢部。

17(18) 细胞长轴弯曲，呈新月形 …… 新月藻属 *Closterium*(图 3-201,1)

18(17) 细胞轴直，圆筒形 …… 柱形鼓藻属 *Penium*(图 3-201,2)

19(16) 细胞中部收缩凹入，有缢部(图 3-200)。

20(27) 细胞长度超过宽度的 3—4 倍。

21(24) 半细胞顶缘中间凹陷。

22(23) 细胞壁有几列环状排列的刺或瘤 …… 角顶鼓藻属 *Triploceras*(图 3-202,1)

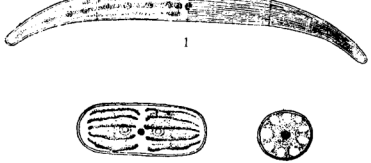


图 3-201　1. 线纹新月藻 *Closterium striolatum*；2. 中华柱形鼓藻 *Penium sinense*(正面观及垂直面观)

23(22) 细胞壁没有环状排列的刺或瘤…… 裂顶鼓藻属 *Tetmemorus*(图 3-202,2)

24(21) 半细胞顶缘中间不凹陷。

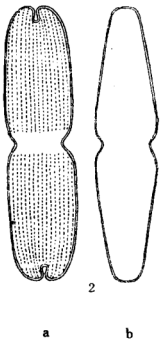
25(26) 围绕半细胞基部有纵向皱褶和小圆瘤…… 基纹鼓藻属 *Docidium*(图 3-203,1)

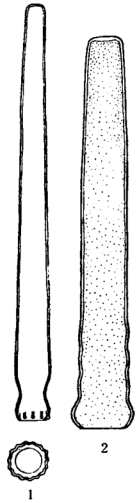
5) 围绕半细胞基部没有纵向皱褶和小圆瘤……

…… 宽带鼓藻属 *Pleurotaenium*(图 3-203,2)

0) 细胞长度不超过宽度的 3—4 倍。

1) 细胞不扁(垂直面观)。





3-202 1. 角顶鼓藻 *Triploceras gracile* 图 3-203 1. 基纹鼓藻 *Docidium baculum*
胞);2. 裂顶鼓藻 *Tetmemorus brebissonii* (半细胞正面观和垂直面观);2. 宽带
(a——正面观,b——侧面观) 鼓藻 *Pleurotaenium trabecula*(半细胞正面观)

) 垂直面观(顶面观)圆形 …… 柱形鼓藻属(图 3-201,2;图 3-204,1)

) 垂直面观(顶面观)三角形或多角形,多数种类角顶延长成为臂状突起

…… 角星鼓藻属 *Staurastrum**(图 3-204,2)

) 细胞扁(垂直面观)。

半细胞顶缘中间凹陷。

半细胞深裂分叶 …… 微星鼓藻属 *Micrasterias*(图 3-205,1)

半细胞不深裂分叶 …… 凹顶鼓藻属 *Euastrum*(图 3-205,2)

35(32) 半细胞顶缘中间不凹陷。

36(37) 半细胞顶部两侧各具 1 个臂状突起 …… 角星鼓藻属*(图 3-204,2)

图 3-204 1. 十字柱形鼓藻 *Penium cruciferum*(正面观及垂直面观);
2. 具齿角星鼓藻 *Staurastrum indentatum*(正面观及垂直面观)

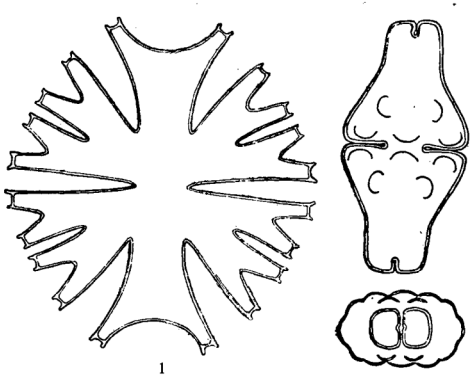


图 3-205 1. 十字微星鼓藻 *Micrasterias crux-melitensis*;
2. 凹顶鼓藻 *Euastrum ansatum*(正面观及垂直面观)

37(36) 半细胞顶部两侧无臂状突起。

38(39) 半细胞不具明显的长刺 …… 鼓藻属 *Cosmarium**(图 3-206,1)

39(38) 半细胞具明显的长刺。

40(41) 半细胞正面观细胞壁中部有不同程度的增厚,具 4 条或更多条(罕为 2 条)粗刺…… 多棘鼓藻属 *Xanthidium*(图 3-206,3)

41(40)半细胞正面观细胞壁中部不增厚,具 2 条(罕为 4 条)粗刺 ……

…… 四棘鼓藻属 *Arthrodesmus*(图 3-206,2)

(15) 暂时性简单丝状体或具胶质包被的不定形群体。

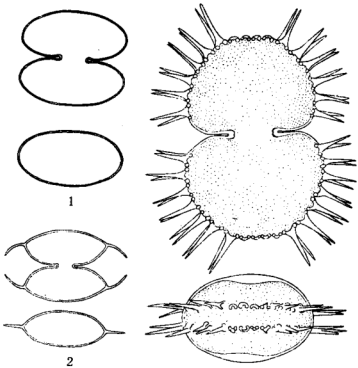


图 3-206 1. 扁鼓藻 *Cosmarium depressum*(正面观及垂直面观);
2. 四棘鼓藻 *Arthrodesmus convergens*(正面观及垂直面观);3. 顶瘤多棘鼓藻 *Xanthidium superbum*(正面观及垂直面观)

(14) 胶质包被的不定形群体 …… 胶球鼓藻属 *Cosmocladium*(图 3-207)

(15) 暂时性简单丝状体。

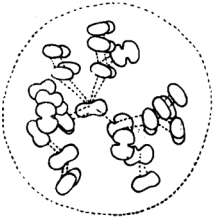


图 3-207 萨克胶球鼓藻 *Cosmocladium saxonicum*

45(48) 丝状体由细胞顶端的突起连接。

46(47) 细胞顶端突起长，头状，伸入相邻细胞的顶部互相插入……
…… 棘接鼓藻属 *Onychonema*(图 3-208,1)

47(46) 细胞顶端突起短，瘤状 …… 瘤接鼓藻属 *Sphaerozosma*(图 3-208,2)

48(45) 丝状体由细胞顶端直接连接。

49(52) 细胞垂直面观(顶面观)圆形。

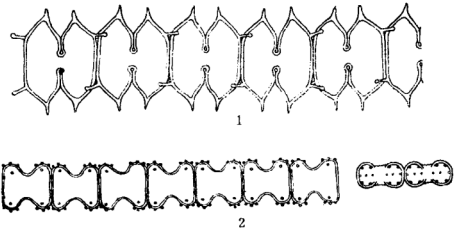
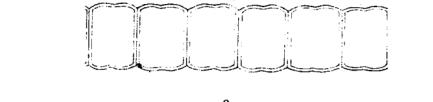


图 3-208 1. 光滑棘接鼓藻 *Onychonema laeve*；2. 颗粒瘤接鼓藻 *Sphaerozosma granulatum*(正面观及侧面观)

50(51) 半细胞基部特别膨大 …… 缢丝鼓藻属 *Gymnozyga*(图 3-209,1)

51(50) 半细胞基部不膨大 …… 圆丝鼓藻属 *Hyalotheca*(图 3-209,2)

52(49) 细胞垂直面观(顶面观)椭圆形或三角形。



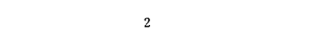


图 3-209 1. 缢丝鼓藻 *Gymnozyga moniliformis*；2. 裂开圆丝鼓藻 *Hyalotheca dessiliens*

(54) 细胞缢部深 …… 顶接鼓藻属 *Spondylosium*(图 3-210,2)

(53) 细胞缢部浅 …… 角丝鼓藻属 *Desmidium*(图 3-210,1)

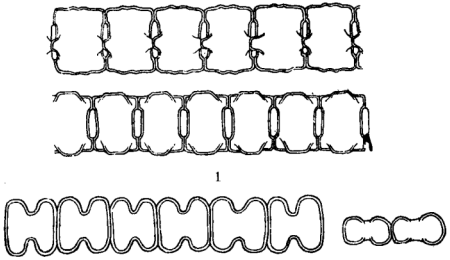


图 3-210 1. 矩形角丝鼓藻 *Desmidium bailegi*(正面观及侧面观);
2. 平顶顶接鼓藻 *Spondylosium planum*(正面观及侧面观)

三、重要属的分种检索

(一) 衣藻属 *Chlamydomonas*

单细胞,能运动。细胞球形、卵形、椭球形、圆柱形或宽纺锤形;胞不纵扁,横断面圆形。细胞壁明显,平滑。细胞前端中央常具头状的突起;有两条等长的鞭毛,基部具 1—2 个伸缩泡。色素大多为 1 个,大型,杯状,少数为片状、"H"状或星状;常具 1 个蛋白核,少数为 2 个或多个。眼点 1 个;细胞核在中央或偏前或后。淀粉呈透镜状覆盖在蛋白核外,或呈颗粒状。

无性繁殖形成 2—16 个动孢子,遇不良环境可形成胶群体。有性繁殖。

大多种类营浮游生活,生长于有机质丰富的小型水体中。

分种检索表

)具蛋白核。

色素体轴生,"H"状(纵断面)或星状;或周生,杯状。

3(22) 色素体杯状，蛋白核位于细胞的后部。

4(9) 细胞前端不具乳头状突起。

5(8) 细胞球形，有时略椭球形。

6(7) 细胞常具胶被；原生质体与细胞壁不离开；伸缩泡 1 个；细胞较小(直径 5—10 微米) …… 球衣藻 *C. globosa*(图 3-211,1)

7(6) 细胞不具胶被；细胞后端原生质体常与细胞壁离开；伸缩泡 2 个；细胞较大(直径 14—22 微米) …… 莱哈衣藻 *C. reinhardi*(图 3-156,3)

8(5) 细胞呈不规则卵形，前端收缩，后端宽圆 …… 埃伦衣藻 *C. ehrenbergii*(图 3-211,2)

9(4) 细胞前端具乳头状突起。

10(13) 细胞球形。

11(12) 细胞壁厚；乳头状突起明显；眼点位于细胞的近中部…… 小球衣藻 *C. microsphaera*(图 3-211,3)

12(11) 细胞壁薄；乳头状突起很小；眼点位于细胞的前半部…… 简单衣藻 *C. simplex*(图 3-211,4)

13(10) 细胞其他形状。

14(15) 蛋白核马蹄形 …… 布朗衣藻 *C. braunii*(图 3-211,5)

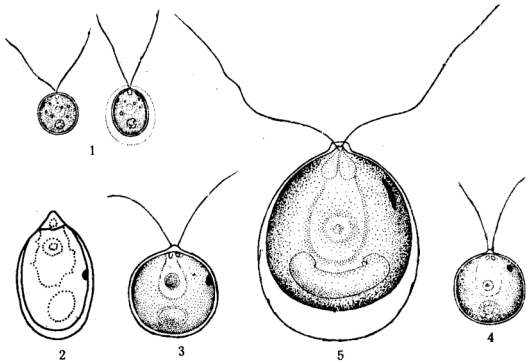


图 3-211 1. 球衣藻 *C. globosa*；2. 埃伦衣藻 *C. ehrenbergii*；3. 小球衣藻 *C. microsphaera*；4. 简单衣藻 *C. simplex*；5. 布朗衣藻 *C. braunii*

(15) 蛋白核球形、横椭圆形。

(15) 乳头状突起明显。

(18) 乳头状突起半球形；眼点在细胞的前半部 …… 德巴衣藻 *C. debaryana*(图 3-212,1)

(17) 乳头状突起大，末端平；眼点在细胞的中部或偏后，逗点形 …… 逗点衣藻 *C. komma*(图 3-212,2)

(16) 乳头状突起不明显。

(21) 细胞卵形或椭球形；细胞较小(长 10—21 微米)…… 斯诺衣藻 *C. snowiae*(图 3-212,3)

(20) 细胞圆柱形或倒卵形；细胞较大(长 18—24 微米)…… 蚕豆衣藻 *C. pisiformis*(图 3-212,4)

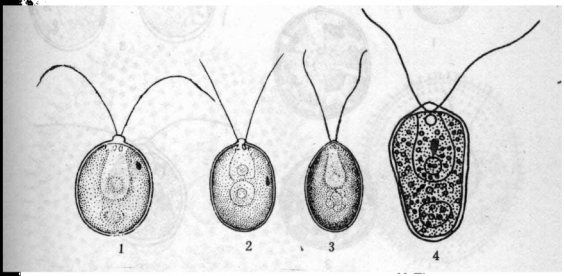


图 3-212 1. 德巴衣藻 *C. debaryana*； 2. 逗点衣藻 *C. komma*；
3. 斯诺衣藻 *C. snowiae*； 4. 蚕豆衣藻 *C. pisiformis*

(3) 色素体"H"状或星状，蛋白核位于细胞的中部。

(4) 色素体完整"H"形，后端达到细胞基部相连 …… 突变衣藻 *C. mutabilis*(图 3-213,1)

(5) 色素体星状放射 …… 星芒衣藻 *C. stellata*(图 3-213,2)

(2) 色素体周生，片状。

(7) 细胞卵形，两侧对称，不具乳头状突起…… 卵形衣藻 *C. ovalis*(图 3-213,3)

(8) 细胞椭圆形，两侧不对称，具乳头状突起…… 不对称衣藻 *C. asymmetrica*(图 3-213,4)

28(1) 不具蛋白核，色素体杯状具空隙呈网状；乳头状突起明显，前端平截 …… 网状衣藻 *C. reticulata*(图 3-213,5)

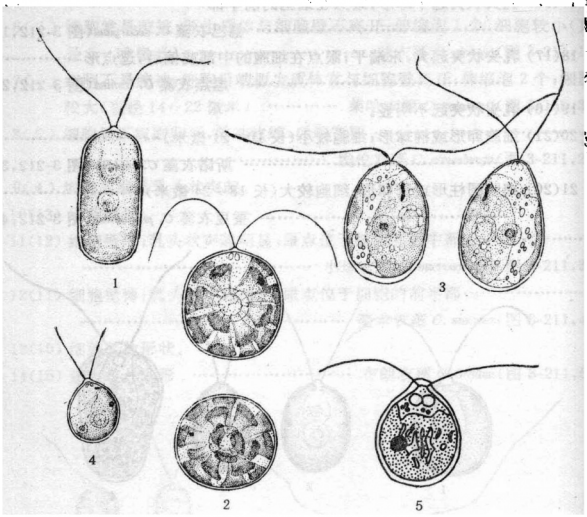


图 3-213　1. 突变衣藻 *C. mutabilis*；　2. 星芒衣藻 *C. stellata*；　3. 卵形衣藻 *C. ovalis*；
4. 不对称衣藻 *C. asymmetrica*；　5. 网状衣藻 *C. reticulata*

（二）团藻属 *Volvox*

群体具胶被，球形、卵形或椭球形，由 512 个到几万个细胞组成。细胞球形、多角球形、星球形或椭球形，彼此分离，排列在群体胶被周边。成熟的群体，细胞分化为营养细胞和生殖细胞，常包含若干个幼小的子群体。细胞前端具 2 条等长鞭毛，有收缩泡。色素体杯状，少数片状或块状，具 1 个蛋白核。眼点在细胞前端一侧；

在细胞中央。

无性繁殖为在群体一端形成繁殖细胞，体积增大，垂周分裂成皿状体，发育成子群体释出。有性繁殖为卵式。

在有机质较多的水体中春季可大量繁殖。

分种检索表

1. 群体细胞间具细胞质连丝。
   2. 细胞质连丝粗，细胞胶被呈多角形或星形 …… 球团藻 *V. globator*（图 3-214,1）
   2. 细胞质连丝细，细胞胶被彼此融合 … 美丽团藻 *V. aureus*（图 3-160,4）
1. 群体细胞间无细胞质连丝 …… 非洲团藻 *V. africanus*（图 3-214,2）

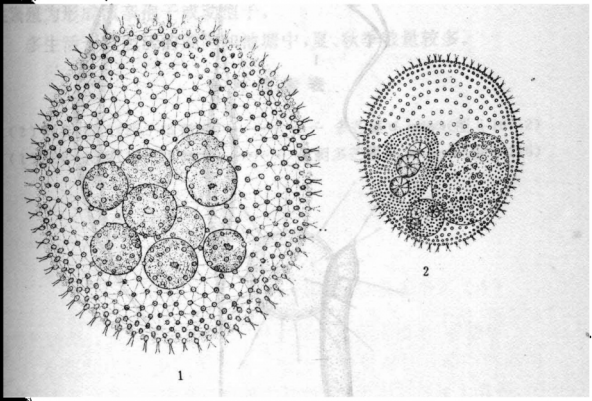


图 3-214　1. 球团藻 *V. globator*　2. 非洲团藻 *V. africanus*

（三）弓形藻属 *Schroederia*

单细胞，浮游生活。细胞纺锤形，直或弯曲。细胞两端的细胞伸为长刺。刺的末端变尖，或仅一端变尖，另一端膨大呈圆盘

状、圆球状或双叉状。色素体 1 个，周生，片状，常具 1 或 2—3 个蛋白核。

分种检索表

1（2）细胞弧曲形，或呈螺旋形弯曲…… 螺旋弓形藻 *S. spiralis*（图 3-215，1）

2（1）细胞纺锤形，不呈螺旋形弯曲。

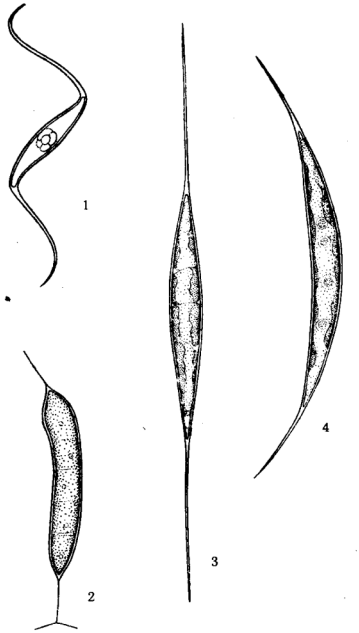


图 3-215　1. 螺旋弓形藻 *S. spiralis*；　2. 分叉弓形藻 *S. judayi*；
3. 拟菱形弓形藻 *S. nitzschioides*；　4. 硬弓形藻 *S. robusta*

(4) 一长刺末端为尖形，另一长刺末端为短分叉 …… 分叉弓形藻 *S. judayi*(图 3-215,2)

(3) 两长刺末端均为尖形，不分叉。

(8) 细胞直或略弯曲。

(7) 长刺直 …… 弓形藻 *S. setigera*(图 3-165,2)

(6) 两刺末端常向相反方向弯曲…… 拟菱形弓形藻 *S. nitzschioides*(图 3-215,3)

(5) 细胞显著弯曲，两刺常向一侧弯曲… 硬弓形藻 *S. robusta*(图 3-215,4)

(四) 多芒藻属 *Golenkinia*

单细胞，有时聚集成群，浮游生活。细胞球形。细胞壁四周具数不规则排列的纤细短刺。色素体 1 个，杯状，具 1 蛋白核。无性繁殖为形成似亲孢子或动孢子。

多生活于较肥沃的湖湾和池塘中，夏、秋季数量较多。

分 种 检 索 表

(2) 刺多，较长(25—45 微米)…… 多芒藻 *G. radiata*(图 3-167,2)

(1) 刺稀，较短(12—18 微米) …… 疏刺多芒藻 *G. paucispina*(图 3-216)

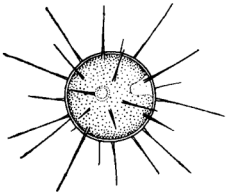


图 3-216 疏刺多芒藻 *G. paucispina*

(五) 小球藻属 *Chlorella*

单细胞，或聚集成群，群体内细胞大小不一致，呈球形或椭球形。色素体，周生，杯状或片状，具 1 蛋白核或无。无性繁殖形成

似亲孢子。

生长在较肥沃小水体中，可作为人工培养生产蛋白质的对象。

分 种 检 索 表

1（2）细胞椭球形 …… 椭圆小球藻 *C. ellipsoidea*（图 3-217，1）

2（1）细胞球形。

3（4）细胞直径 5—10 微米，蛋白核 1 个，有时不明显…… 小球藻 *C. vulgaris*（图 3-169，1）

4（3）细胞直径 3—5 微米；蛋白核 1 个，明显 …… 蛋白核小球藻 *C. pyrenoidosa*（图 3-217，2）

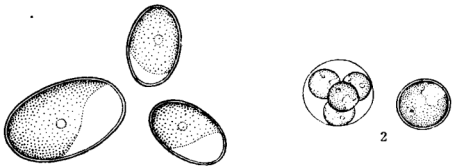


图 3-217 1. 椭圆小球藻 *C. ellipsoidea*；
2. 蛋白核小球藻 *C. pyrenoidosa*

（六）顶棘藻属 *Chodatella*

单细胞，浮游生活。细胞椭球形、卵形或扁球形。细胞两端或两端和中部具对称排列的长刺。色素体周生、片状或盘状，1—4 个，各具 1 蛋白核或无。无性繁殖形成似亲孢子。常生活于小型水体中，喜有机质丰富水质。

分 种 检 索 表

1（8）细胞两端各具 2—10 条刺。

2（3）刺长，超过细胞长度的两倍以上… 长刺顶棘藻 *C. longiseta*（图 3-218，2）

(2) 刺短，不超过细胞长度的两倍。

(5) 细胞两端各具 2 条刺 …… 四刺顶棘藻 *C. quadriseta*(图 3-169,2)

(4) 细胞两端各具 2 条以上的刺。

(7) 细胞两端各具 2—4 条刺；细胞卵形……

…… 盐生顶棘藻 *C. subsalsa*(图 3-218,1)

(6) 细胞两端各具 6—8 条刺；细胞长卵形……

…… 极毛顶棘藻 *C. cilliata*(图 3-218,4)

(1) 细胞两端中央和细胞中间两侧各具 1 条刺……

…… 十字顶棘藻 *C. wratislaviensis*(3-218,3)

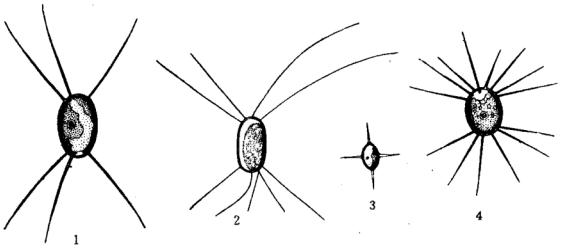


图 3-218 1. 盐生顶棘藻 *C. subsalsa*； 2. 长刺顶棘藻 *C. longiseta*；
3. 十字顶棘藻 *C. wratislaviensis*； 4. 极毛顶棘藻 *C. cilliata*

(七) 四角藻属 *Tetraëdron*

单细胞，浮游生活。细胞扁平或角锥形，具 3—5 个角；角分叉不分叉；角延长成突起或不突起；角或突起顶端的细胞壁常成为一色素体 1 或多个，盘状或多角形片状，各具 1 蛋白核或无。无性繁殖，形成似亲孢子。

常见于小型水体。

分 种 检 索 表

(12) 细胞扁平。

2（5）细胞三角形。

3（4）角宽、末端钝圆，无刺 …… 三叶四角藻 *T. trilobulatum*（图 3-219,1）

4（3）角顶端各具一长刺 …… 三角四角藻 *T. trigonum*（图 3-219,2—3）

5（2）细胞四角形或五角形。

6（7）细胞五角形，顶端各具 1 细刺… 具尾四角藻 *T. caudatum*（图 3-219,4）

7（6）细胞四角形。

8（9）角顶圆形，无棘状突起 …… 微小四角藻 *T. minimum*（图 3-170,2）

9（8）角顶端具棘状突起，分叉或不分叉。

10(11) 角顶端各具 2 根短棘状突起，不分叉 ……

…… 二叉四角藻 *T. bifurcatum*（图 3—219,5）

11(10) 角延长成狭长突起，2 次分叉，第 2 次分叉末端尖锐 ……

…… 小形四角藻 *T. gracile*（图 3-219,6）

12(1) 细胞不扁平。

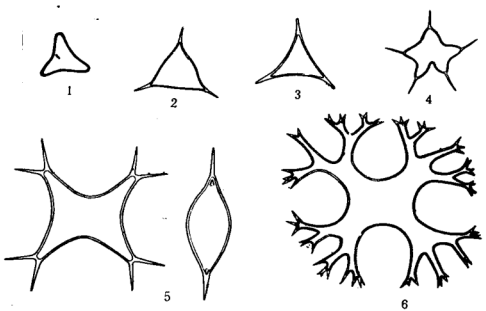


图 3-219 1. 三叶四角藻 *T. trilobulatum*； 2. 三角四角藻 *T. trigonum*； 3. 三角四角藻小形变种 *T. trigonum* var. *gracile*； 4. 具尾四角藻 *T. caudatum*； 5. 二叉四角藻 *T. bifurcatum*； 6. 小形四角藻 *T. gracile*

13(14) 细胞多角锥形；角形成狭的突起，1 次或 2 次分叉 ……

…… 浮游四角藻 *T. planctonicum*（图 3-220,1）

14(13) 细胞三角锥形，角分叉或不分叉。

15(16) 角钝圆、末端有时略扩大呈节状 ……

…… 膨胀四角藻 *T. tumidulum*（图 3-220,2）

6) 角具刺或延长呈长的分叉或不分叉的突起。

8) 角各具 1 根粗短的刺，刺长 4—9 微米 …… 规则四角藻 *T. regulare*(图 3-220,3)

7) 角不具刺，延长呈长或短的突起。

0) 角为细长的突起，不分叉，顶端具 2—3 个短而尖的棘 …… 戟形四角藻 *T. hastatum*(图 3-220,4)

9) 角为短突起，2 次分叉 …… 不正四角藻 *T. enorme*(图 3-220,5)

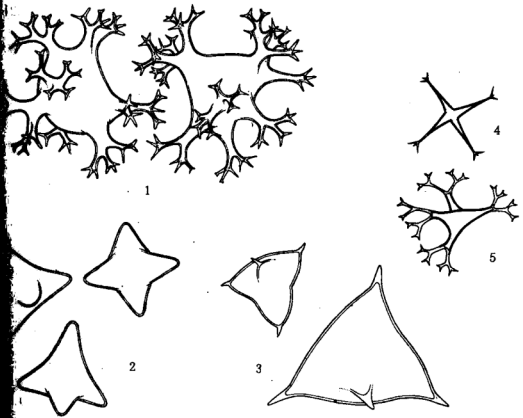


图 3-220 1. 浮游四角藻 *T. planctonicum*； 2. 膨胀四角藻 *T. tumidulum*； 3. 规则四角藻 *T. regulare*； 4. 戟形四角藻 *T. hastatum*； 5. 不正四角藻 *T. enorme*

(八) 纤维藻属 *Ankistrodesmus*

单细胞，或聚集成群，浮游生活。细胞针形至纺锤形，末端尖，钝圆；直或弯曲。色素体 1 个，片状，占据细胞的绝大部分；有为几片，具蛋白核或无。无性繁殖形成似亲孢子。

广泛分布于各类水体，肥沃小水体中较常见。

分种检索表

1（6）细胞常聚集成群，罕为单个。

2（3）细胞常 4—8 个彼此在中部卷绕成束 …… 螺旋纤维藻 *A. spiralis*（图 3-221,1）

3（2）细胞依长轴纵列成束，或稀疏地聚体成群。

4（5）细胞长纺锤形，弯曲成弓形或镰形，宽 1.5—4 微米，长 20—80 微米 …… 镰形纤维藻 *A. falcatus*（图 3-172,1；图 3-221,2）

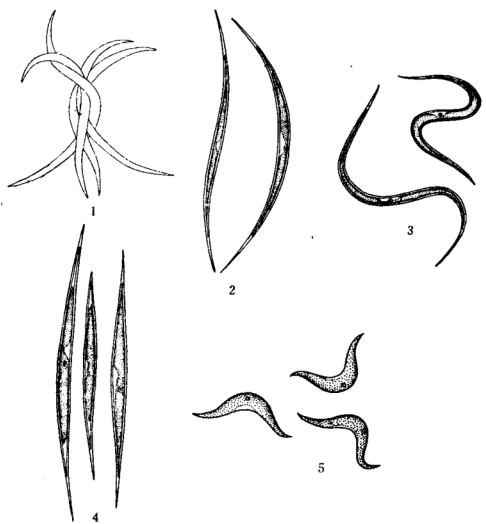


图 3-221　1. 螺旋纤维藻 *A. spiralis*；　2. 镰形纤维藻奇异变种 *A. falcatus* var. *mirabilis*；　3. 狭形纤维藻 *A. angustus*；　4. 针形纤维藻 *A. acicularis*；　5. 卷曲纤维藻 *A. convolutus*

胞螺旋状盘曲，宽 1.5—2.5 微米，长(24)40—60 微米 ……
…… 狭形纤维藻 *A. angustus*(图 3-221,3)
胞常为单个。
胞直线形，或仅一端微弯或两端微弯 ……
…… 针形纤维藻 *A. acicularis*(图 3-221,4)
胞以各种形式弯曲 …… 卷曲纤维藻 *A. convolutus*①(图 3-221,5)

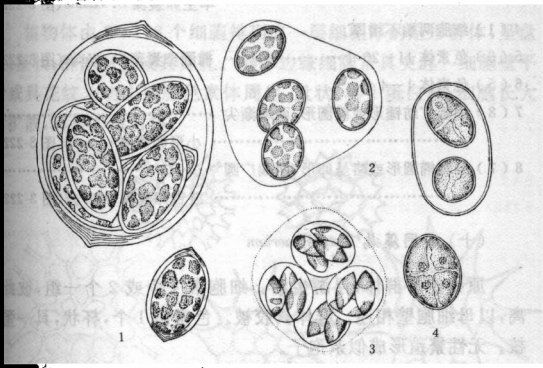


图 3-222 1. 单生卵囊藻 *O. solitaria*； 2. 椭圆卵囊藻 *O. elliptica*；
3. 小形卵囊藻 *O. parva*； 4. 波吉卵囊藻 *O. borgei*

卵囊藻属 *Oocystis*

胞或群体，浮游生活。群体由 2、4、8 或 16 个细胞组成，
分胶化膨大的母细胞壁中。细胞椭圆形，柱状长圆形。细
，常在细胞两端增厚呈圆锥状。多具 1—5 个色素体，周
或多角形盘状，各具 1 蛋白核或无。无性繁殖形成似亲孢

长于各种淡水水体，夏末秋初数量较多。

定为羊角月牙藻(*Selenastrum capricornutum*)。

分种检索表

1（4）细胞两端具圆锥状增厚。

2（3）色素体片状，1—3个 …… 湖生卵囊藻 *O. lacustis*（图 3-175,3

3（2）色素体多角形，块状，多数，常为 12—25 个……

…… 单生卵囊藻 *O. solitaria*（图 3-222,1

4（1）细胞两端不增厚。

5（6）色素体 11—20 个…… 椭圆卵囊藻 *O. elliptica*（图 3-222,2

6（5）色素体 1—4 个。

7（8）细胞广纺锤形或椭圆形，两端渐尖 ……

…… 小形卵囊藻 *O. parva*（图 3-222,3）

8（7）细胞椭圆形或略呈卵形，两端广圆 ……

…… 波吉卵囊藻 *O. borgei*（图 3-222,4）

（十）胶网藻属 *Dictyosphaerium*

原始定形群体，浮游生活。细胞常 4 个或 2 个一组，彼此分离，以母细胞壁相连。群体具胶被。色素体 1 个，杯状，具一蛋白核。无性繁殖形成似亲孢子。

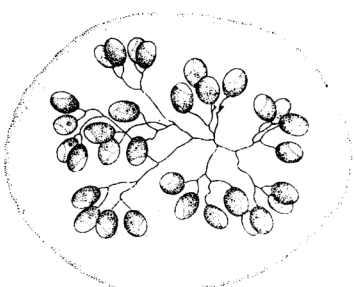


图 3-223　胶网藻 *D. ehrenbergianum*

分种检索表

细胞椭圆形至卵形 …… 胶网藻 *D. ehrenbergianum*(图 3-223)

细胞球形 …… 美丽胶网藻 *D. pulchellum*(图 3-178)

(十一) 盘星藻属 *Pediastrum*

植物体由 2—128 个细胞排列成一层细胞厚的定形群体，呈盘星状；群体完整或具穿孔。群体边缘细胞常具突起。细胞壁平滑或具花纹。幼小细胞色素体周生，盘状，具 1 蛋白核；细胞长大扩散，具多个蛋白核。

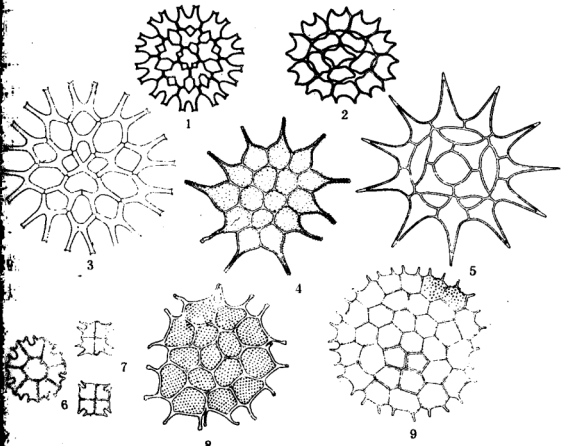


图 3-224 1. 双射盘星藻 *P. biradiatum*； 2. 二角盘星藻 *P. duplex*； 3. 二角盘星藻纤细变种 *P. duplex* var. *gracillimum*； 4. 单角盘星藻 *P. simplex*； 5. 单角盘星藻具孔变种 *P. simplex* var. *duodenarium*； 6. 四角盘星藻 *P. tetras*； 7. 四角盘星藻四齿变种 *P. tetras* var. *tetraodon*； 8. 短棘盘星藻长角变种 *P. boryanum* var. *longicorne*； 9. 整齐盘星藻 *P. integrum*

分种检索表

1（2）边缘细胞具一角状突起 …… 单角盘星藻 *P. simplex*（图 3-224,4—5）
2（1）边缘细胞具 1 个以上突起。
3（6）群体具穿孔。
4（5）边缘细胞具 2 裂片状突起，突起末端具缺刻 ……
…… 双射盘星藻 *P. biradiatum*（图 3-224,1）
5（4）边缘细胞具 2 短突起，突起末端无缺刻 ……
…… 二角盘星藻 *P. duplex*（图 3-224,2—3）
6（3）群体不具穿孔。
7（8）边缘细胞外壁具深缺刻，细胞壁平滑 ……
…… 四角盘星藻 *P. tetras*（图 3-224,6—7）
8（7）边缘细胞外壁不具深缺刻，细胞不平滑。
9（10）边缘细胞外壁具 2 角状突起……
…… 短棘盘星藻 *P. boryanum*（图 3-179,2；图 3-224,8）
10（9）边缘细胞外壁平整或具 2 短突起……
…… 整齐盘星藻 *P. integrum*（图 3-224,9）

（十二）栅藻属 *Scenedesmus*

真性定形群体，极少为单细胞。群体由 4—8 个或 2、16—32 个细胞组成，长轴平行排列在一个平面上。细胞纺锤形、卵形、椭球形等；细胞壁平滑或具各种构造。色素体周生，具 1 蛋白核。以似亲孢子繁殖。

本属为极常见的浮游藻类，广泛分布于各类水体中。

分种检索表

1（12）细胞壁平滑，不具刺、齿等构造。
2（5）细胞卵形、长椭圆形，两端钝圆。
3（4）群体细胞排成一直列（偶而交错排列，但不成 2 列）……
…… 双对栅藻 *S. bijuga*（图 3-181,1）
4（3）群体细胞排成上下两列 …… 弯曲栅藻 *S. arcuatus*（图 3-225,1—2）
5（2）细胞纺锤形，两端狭小或渐尖。

(9) 群体细胞排列成平板。

(8) 群体细胞均直立，不弯曲 …… 斜生栅藻 *S. obliquus*(图 3-225,3)

(7) 群体中间部分细胞为纺锤形，直立；两侧细胞弯曲为新月形……
…… 二形栅藻 *S. dimorphus*(图 3-225,4)

(6) 群体细胞排列不成平板。

(11) 群体细胞排列成一弯曲平面 …… 尖细栅藻 *S. acuminatus*(图 3-225,5)

(10) 群体细胞排列成曲尺形…… 爪哇栅藻 *S. javaensis*(图 3-225,6)

(1) 细胞壁不平滑，表面具刺、齿、颗粒、隆起线等。

(18) 细胞壁上具齿状突起，或具齿状突起和刺。

(17) 细胞具隆起线。

1

2

3

4

5

6

图 3-225 1. 弯曲栅藻 *S. arcuatus*； 2. 弯曲栅藻扁盘变种 *S. arcuatus* var. *platydiscus*； 3. 斜生栅藻 *S. obliquus*； 4. 二形栅藻 *S. dimorphus*； 5. 尖细栅藻 *S. acuminatus*； 6. 爪哇栅藻 *S. javaensis*

(16) 群体外侧两端细胞的两极各具 1 长刺……
…… 龙骨栅藻 *S. cavinatus*(图 3-226,1)

(15) 群体外侧两端细胞不具长刺 …… 巴西栅藻 *S. brasiliensis*(图 3-226,2)

(14) 细胞不具隆起线 …… 齿牙栅藻 *S. denticulatus*(图 3-226,3)

(13) 细胞壁上不具齿状突起，仅外侧两端细胞各具 1 长刺。

(20) 群体细胞间具双凸镜状大间隙… 裂孔栅藻 *S. perforatus*(图 3-226,4)

(19) 群体细胞间无间隙。

(12) 细胞具隆起线 …… 被甲栅藻 *S. armatus*(图 3-226,5)

22(21) 细胞不具隆起线 …… 四尾栅藻 *S. quadricauda*(图 3-226,6)

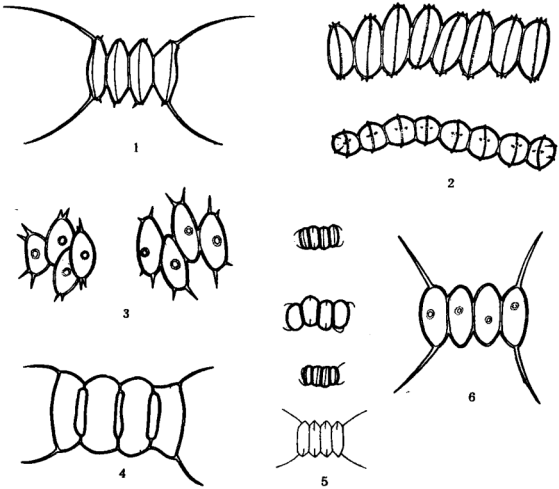


图 3-226 1. 龙骨栅藻 *S. cavinatus*；2. 巴西栅藻 *S. brasiliensis*；3. 齿牙栅藻 *S. denticulatus*；4. 裂孔栅藻 *S. perforatus*；5. 被甲栅藻 *S. armatus*；6. 四尾栅藻 *S. quadricauda*

(十三) 十字藻属 *Crucigenia*

定形群体，由 4 个细胞排列成方形或长方形。群体常具不明显胶被，子群体粘连为板状复合真性定形群体。细胞三角形、梯形、半圆形或椭圆形。色素体 1 个，周生，片状，具 1 蛋白核。

分种检索表

1(4) 细胞三角形。

2(3) 细胞壁外侧平直 …… 四足十字藻 *C. tetrapedia*(图 3-184,2)

2）细胞壁外侧明显凸出 …… 四角十字藻 *C. quadrata*（图 3-227，1）

1）细胞不是三角形。

6）细胞椭球形或卵形，在外侧两端各具一短锥状突起 ……

…… 十字藻 *C. apiculata*（图 3-227，2）

5）细胞近半球形，在外侧两端无锥状突起 ……

…… 华美十字藻 *C. lauterbornei*（图 3-227，3）

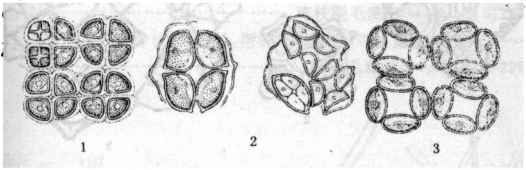


图 3-227　1. 四角十字藻 *C. quadrata*；　2. 十字藻 *C. apiculata*；　3. 华美十字藻 *C. lauterbornei*

（十四）空星藻属 *Coelastrum*

群形群体，由 4—128 个细胞组成，以细胞壁凸起连成球形到卵形中空球体。细胞球形、卵形或截顶角锥形，壁平滑或具花纹。单细胞色素体杯状，具 1 蛋白核；成熟后扩散，充满整个细胞。无性繁殖为形成似亲孢子。有时形成静孢子，在释放前在母细胞内也形成 1 个似亲群体。为典型的常见浮游植物。

分种检索表

2）细胞以长而明显的胶质突起互相连接……

…… 网状空星藻 *C. reticulatum*（图 3-228，1）

1）细胞以短胶质突起或以侧壁互相连接。

4）细胞球形（有时卵形）…… 小空星藻 *C. microporum*（图 3-184，3）

3）细胞圆锥形或截顶角锥形。

5）群体中心空隙较小（不大于一个细胞大小）……

…… 空星藻 *C. sphaericum*（图 3-228，2）

6）群体中心空隙较大 …… 长鼻空星藻 *C. proboscideum*（图 3-228，3）

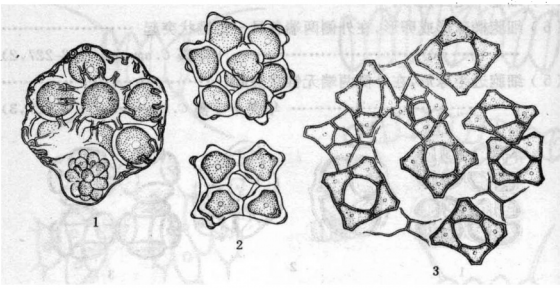


图 3-228　1. 网状空星藻 *C. reticulatum*；2. 空星藻 *C. sphaericum*；3. 长鼻空星藻 *C. proboscideum*

（十五）刚毛藻属 *Cladophora*

植物体着生，有时漂浮。分枝丰富，具顶端和基部的分化。分枝有互生型、对生型或其他型，宽度小于主枝。细胞圆柱形。色素体多个，周生，具多个蛋白核。

营养繁殖为藻丝断裂；无性繁殖为形成动孢子；有性繁殖为同配繁殖。

植物的形成和分枝方式常因环境不同而有较大变化，鉴定时应注意。

在各类水体中均有广泛分布。常作为环境水质（如 pH、硬度、重金属污染等）的指示种类。

分种检索表

1（2）植物体大多漂浮生活，成亮绿色团块；藻丝分枝常明显弯曲；细胞卵圆形或梨形或不规则膨大 …… 脆弱刚毛藻 *C. fracta*（图 3-186,1）

（注意：此种形态变化很大，有时分枝也可不明显弯曲，细胞呈近圆柱

形，应多注意观察。）

2（1）藻丝分枝直出；细胞圆形或略膨大。

3（4）分枝不规则、稀少，常为单侧分枝；常具 1 个细胞的、棒状或针状弯曲的小枝 …… 寡枝刚毛藻 *C. oligoclona*（图 3-229，1）

4（3）小枝为多细胞的。

5（6）分枝少；常与主枝呈直角状长出，罕见形成次级分枝……

…… 疏枝刚毛藻 *C. insignis*（图 3-229，2）

6（5）分枝多且连续分枝；分枝长，渐尖细；细胞长可达宽的 20 倍……

…… 绉刚毛藻 *C. crispata*（图 3-229，3）

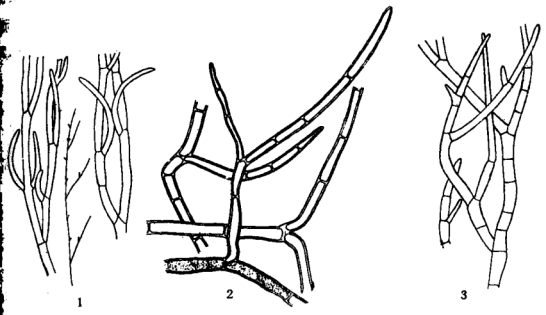


图 3-229　1. 寡枝刚毛藻 *C. oligoclona*；　2. 疏枝刚毛藻 *C. insignis*；　3. 绉刚毛藻 *C. crispata*

（十六）丝藻属 *Ulotherix*

简单的不分枝丝状体，以长形的基细胞附着基质上。细胞壁薄厚而分层。色素体周生，带状，环绕细胞周壁一半以上，具 1 个多个蛋白核。

不利环境条件下可形成一串厚壁孢子，或形成类似胶群体或类似裂线藻时期。无性繁殖为形成大、小动孢子，或静孢子。有繁殖为同配方式。

分种检索表

1（8）细胞壁薄。

2（3）具 2—3 个蛋白核；细胞壁常胶化 …… 颤丝藻 *U. oscillarina*（图 3-230,1）

3（2）具 1 个蛋白核。

4（5）细胞宽度多为 10—15 微米；藻丝常弯曲缠绕…… 交错线藻 *U. impleza*（图 3-230,2）

5（4）细胞宽度 5—9 微米；藻丝不弯曲缠绕。

6（7）成熟藻丝细胞宽度 5—7 微米；色素体带状，环绕不到细胞圆周的一半 …… 多形丝藻 *U. variabilis*（图 3-230,3）

7（6）成熟藻丝细胞宽度 7—9(10)微米；色素体环带状，几乎环绕整个细胞 …… 细丝藻 *U. tenerima*（图 3-189,2）

8（1）细胞壁厚。

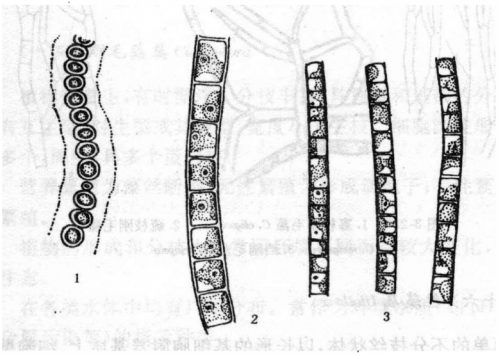


图 3-230　1. 颤丝藻 *U. oscillarina*；　2. 交错丝藻 *U. impleza*；　3. 多形丝藻 *U. variabilis*

9（10）着生；具分叶的基细胞或短的假根 …… 双胞丝藻 *U. geminata*（图 3-231,1）

(9) 自由漂浮，无基细胞或假根。

(12) 细胞略呈串珠状；细胞横壁处明显收缢 …… 串珠丝藻 *U. moniliformis*（图 3-231,2）

(11) 细胞圆柱形。

(14) 细胞壁常具条纹；细胞宽度 12—22 微米 …… 单型丝藻 *U. aequalis*（图 3-231,3）

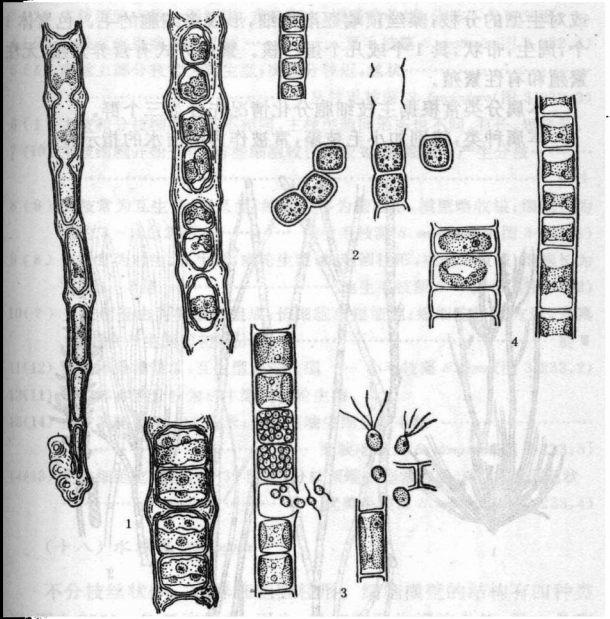


图 3-231　1. 双胞丝藻 *U. geminata*；　2. 串珠丝藻 *U. moniliformis*；
3. 单型丝藻 *U. aequalis*；　4. 环丝藻 *U. zonata*

14(13) 细胞壁不具条纹；细胞宽度变化大，通常宽 11—45 微米 ……
…… 环丝藻 *U. zonata*(图 3-231)

（十七）毛枝藻属 *Stigeoclonium*

植物体着生在静水或流水中的石块、沉水植物或其他基质上，分枝丝状体，有匍匐枝和直立枝，常具厚胶质。直立枝常有互生型或对生型的分枝；藻丝顶端逐渐尖细，形成多细胞的毛。色素体 1 个，周生，带状，具 1 个或几个蛋白核。繁殖方式有营养繁殖、无性繁殖和有性繁殖。

本属分类常根据主枝细胞分化情况先分为三个群。

本属种类，特别如小毛枝藻，常被作为清洁水的指示种。

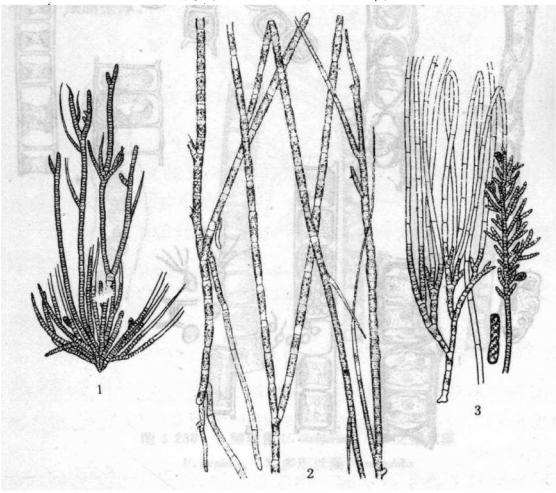


图 3-232 1. 长毛毛枝藻 *S. longipilum*； 2. 夏毛枝藻 *S. aestivale*；
3. 丛枝毛枝藻 *S. fasciculare*

分种检索表

(6) 主枝和初级分枝细胞形态相同，可形成分枝的细胞与其他细胞形态上没有多大不同…… 群 I

(3) 主枝细胞多数为腰鼓形，横壁显著收缢；分枝常为双叉型……
…… 长毛毛枝藻 *S. longipilum*(图 3-232,1)

(2) 主枝细胞多数为圆柱形，或略膨大，横壁略收缢；分枝不为双叉型。

(5) 分枝互生型或假双叉型 …… 夏毛枝藻 *S. aestivale*(图 3-232,2)

(4) 藻丝上部分枝常为对生型；次级分枝短，丝状……
…… 丛枝毛枝藻 *S. fasciculare*(图 3-232,3)

(1) 主枝和分枝细胞形态不相同，主枝细胞间形态也不同，有长、短之分。

(10) 主枝细胞开始分化，有些细胞较长或较短；短细胞常产生分枝……
…… 群 II

(9) 分枝常为互生型，双叉型；细胞大多为圆柱形，横壁略收缢；细胞长为宽的 3—10(12)倍…… 偏生毛枝藻 *S. subsecundum*(图 3-233,1)

(8) 分枝常为对生、互生型，或轮生型；细胞圆柱形，横壁不收缢；细胞长为宽的 1—3 倍 …… 池生毛枝藻 *S. stagnatile*(图 3-192)

(7) 主枝明显由两类细胞组成：长细胞和短细胞；短细胞接近方形，常具角，通常产生侧面初级分枝 …… 群 III

(12) 植物体分枝简单，互生型或对生型 … 小毛枝藻 *S. tenue*(图 3-233,2)

(11) 植物体多数分枝为对生型或假轮生型。

(14) 主枝细胞宽 7—11 微米；分枝顶端尖细呈鞭毛状 ……
…… 渐狭毛枝藻 *S. elongatum*(图 3-233,3)

(13) 主枝细胞宽(12)15—39 微米；分枝顶端细胞常弯曲，略尖，不呈毛状
…… 优美毛枝藻 *S. amoenum*(图 3-233,4)

(十八) 水绵属 *Spirogyra*

不分枝丝状体。营养细胞圆柱形。细胞横壁的结构有四种类型(图 3-234)。色素体带状，周生，沿细胞壁作螺旋盘旋；具 1 条到 16 条，每条上具 1 列蛋白核(图 3-3,2)。

接合生殖为梯形接合和侧面接合，具接合管。接合管通常由雌雄两配子囊的侧壁上发生的两突起交遇而形成；有的仅由雄配子

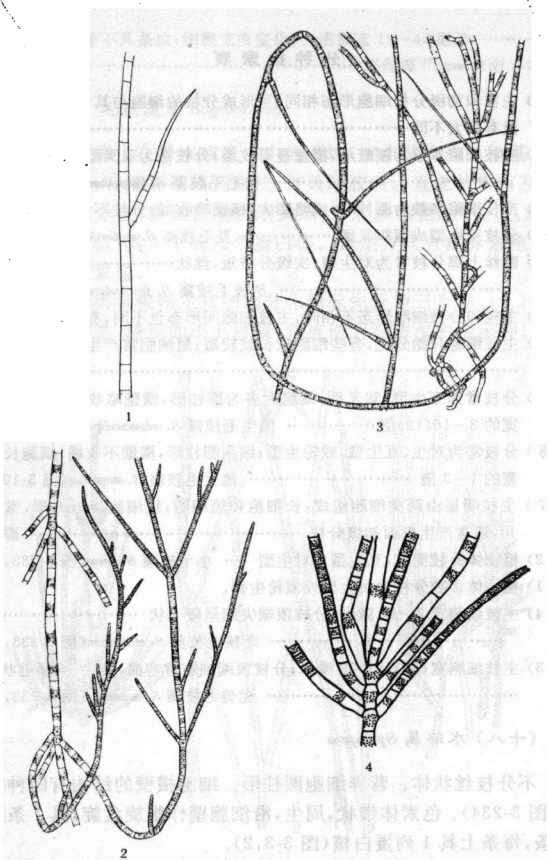


图 3-233　1. 偏生毛枝藻 *S. subsecundum*；　2. 小毛枝藻 *S. tenue*；
3. 渐狭毛枝藻 *S. elongatum*；　4. 优美毛枝藻 *S. amoenum*

的一侧发生达于雌配子囊。接合孢子仅位于雌配子囊内。雌配囊或孢子囊有的不胀长或不膨大，有的胀大——孢子囊由于接孢子的压力而胀大，孢子囊壁紧贴于配子囊壁；或膨大——孢子配子囊壁之间有一定的空间(图 3-235)。

接合孢子形态多样。孢壁常分 3 层，少数为 2、4、5 层；中孢壁平滑或具一定花纹，成熟后黄褐色。有些种类产生单性孢子(不经结合的配子)或静孢子(由营养细胞直接收缩产生孢壁而形成)。少数种类有性繁殖时的不育细胞也呈不同形态的膨大。

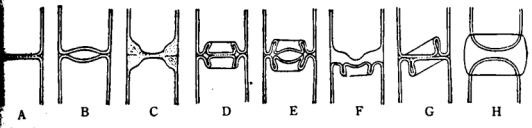


图 3-234　细胞横壁结构类型模式图

A—C——平直型；D—F——折叠型；G——半折叠型；H——束合型

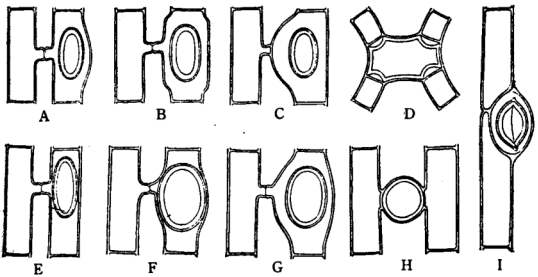


图 3-235　雌配子囊与孢子囊形态

A——外侧膨大；　B——柱状膨大；　C——内侧膨大；　D——孢子囊与 4 个细胞相连；　E——柱状；　F——胀大；　G——膨大；　H——孢子囊与 2 个细胞相连；(以上均为梯形接合)；I——侧面接合，接合孢子位于接合管内(双星藻目其他属的特征)

分 种 检 索 表

1(20) 细胞横壁平直型。

2(19) 接合管由雌雄两配子囊构成。

3(8) 雌配子囊不膨大或略胀大。

4(7) 接合孢子椭球形。

5(6) 营养细胞宽 19—22 微米 …… 普通水绵 *S. communis*(图 3-198,1)

6(5) 营养细胞宽 29—36 微米 …… 单一水绵 *S. sigularis*(图 3-236,1)

7(4) 接合孢子卵形、长卵形 …… 长形水绵 *S. longata*(图 3-236,2)

8(3) 雌配子囊膨大。

9(14) 雌配子囊向内外两侧膨大。

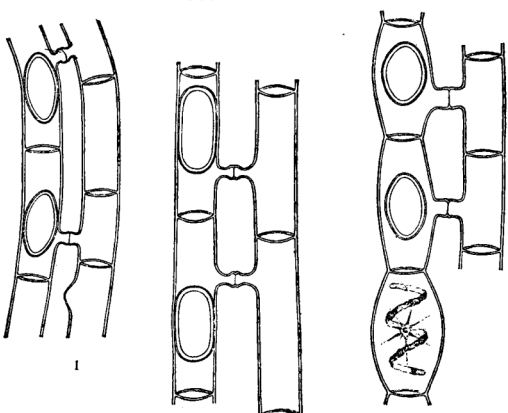


图 3-236 1. 单一水绵 *S. sigularis*； 2. 长形水绵 *S. longata*；
3. 链形水绵 *S. catenaeformis*

10(11) 不育细胞膨大 …… 链形水绵 *S. catenaeformis*(图 3-236,3)

11(10) 不育细胞不膨大。

12(13) 营养细胞宽 16—19 微米 …… 芬兰水绵 *S. fennica*(图 3-237,1)

3(12) 营养细胞宽 25—30(33)微米 …… 奈氏水绵 *S. juergensii*(图 3-237,2)

4(9) 雌配子囊仅向内侧膨大。

5(16) 中孢壁平滑 …… 异形水绵 *S. varians*(图 3-238,1)

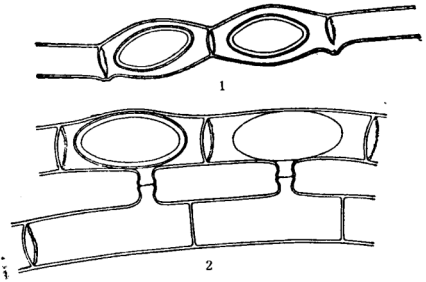


图 3-237 1. 芬兰水绵 *S. fennica*；
2. 奈氏水绵 *S. juergensii*

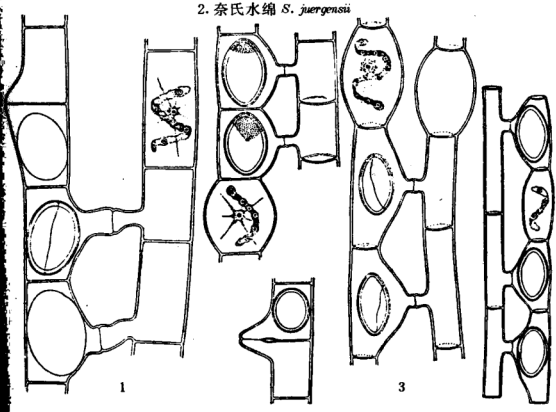


图 3-238 1. 异形水绵 *S. varians*； 2. 丘疹水绵 *S. papulata*；
3. 近丘疹水绵 *S. subpapulata*； 4. 李氏水绵 *S. liana*

16(15) 中孢壁具花纹。

17(18) 中孢壁具不规则的网纹 …… 丘疹水绵 *S. papulata*(图 3-238,2)

18(17) 中孢壁具细密的穿孔纹 …… 近丘疹水绵 *S. subpapulata*(图 3-238,3)

19(2) 接合管仅由雄配子囊构成 …… 李氏水绵 *S. liana*(图 3-238,4)

20(1) 细胞横壁折叠型。

21(32) 接合管由雌雄两配子囊构成。

22(29) 中孢壁平滑。

23(24) 接合孢子卵形、长卵形或椭球形,两端钝圆……

…… 韦氏水绵 *S. weberi*(图 3-239,1)

24(23) 接合孢子椭球形,两端略尖。

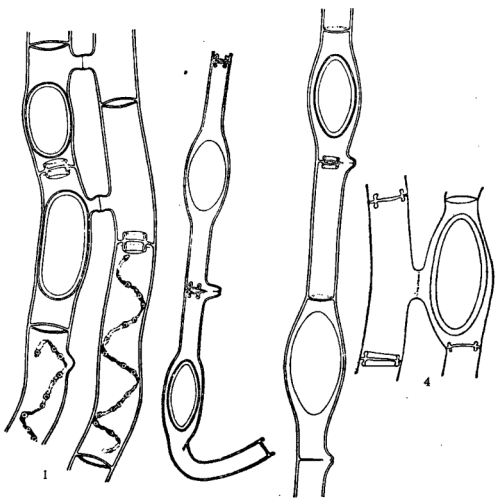


图 3-239 1. 韦氏水绵 *S. weberi*; 2. 最窄水绵 *S. tenuissima*; 3. 膨胀水绵 *S. inflata*; 4. 法氏水绵 *S. farlowii*

(26) 营养细胞宽 9—13(15)微米 …… 最窄水绵 *S. tenuissima*(图 3-239,2)
(25) 营养细胞宽大于 15 微米。
(28) 营养细胞宽 15—18(20)微米 …… 膨胀水绵 *S. inflata*(图 3-239,3)
(27) 营养细胞宽 26—31 微米 …… 法氏水绵 *S. farlowii*(图 3-239,4)
(22) 中孢壁具花纹。
(31) 中孢壁 1 层,具不规则的粗网纹 ……
…… 美貌水绵 *S. pulchrifigurata*(图 3-240,1)
(30) 中孢壁 2 层,外中孢壁具不规则的皱纹,内中孢壁具细网纹……
…… 假颗粒水绵 *S. pseudogranulata*(图 3-240,2)
(21) 接合管仅由雄配子囊构成 …… 河北水绵 *S. hopeiensis*(图 3-240,3)

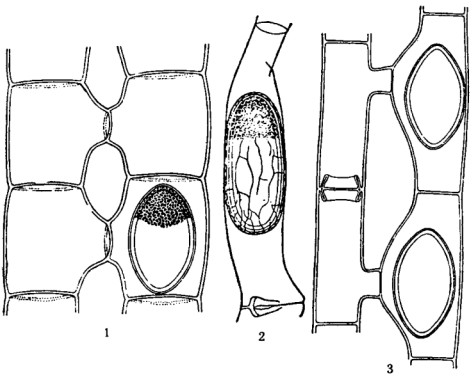


图 3-240 1. 美貌水绵 *S. pulchrifigurata*; 2. 假颗粒水绵 *S. pseudogranulata*; 3. 河北水绵 *S. hopeiensis*

(十九) 角星鼓藻属 *Staurastrum*

单细胞,绝大多数辐射对称,少数两侧对称及侧扁。半细胞正视(仅指不包括突起部分的"细胞体部")的形状多种多样。许多

种类半细胞的顶角或侧角向水平方向延长形成长度不等的突起，缘边一般波形，具数轴齿，顶端平或具刺。细胞壁平滑，具点纹、圆孔纹、颗粒和各种刺、瘤。半细胞一般具 1 个轴生色素体，具 1 到几个蛋白核；少数周生，具几个蛋白核。

主要浮游藻类。可作水体营养类型的指示生物。

分 种 检 索 表

1（30）半细胞正面观角不延长成粗突起。

2（27）细胞壁平滑或具细点纹。

3（10）半细胞正面观顶角角顶平滑或具 1 小乳头状突起。

4（7）缢缝从内向外张开呈锐角。

5（6）半细胞正面观顶角角顶平滑 ……：光角星鼓藻 *S. muticum*（图 3-241，1）

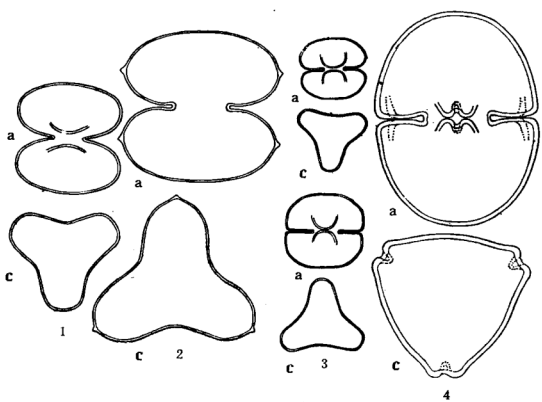


图 3-241　1. 光角星鼓藻 *S. muticum*；　2. 短棘角星鼓藻 *S. brevispinum*；3. 钝角星鼓藻 *S. retusum*；4. 赞布角星鼓藻 *S. zahlbruckneri*（a——正面观；b——侧面观；c——垂直面观；以下同）

(5) 半细胞正面观顶角角顶具 1 小乳头状突起……
…… 短棘角星鼓藻 *S. brevispinum*(图 3-241,2)
(4) 缢缝狭线形。
(9) 半细胞正面观截顶角锥形至梯形;基角中间不凹入 ……
…… 钝角星鼓藻 *S. retusum*(图 3-241,3)
(8) 半细胞正面观半圆形;基角中间凹入深,分成两等分……
…… 赞布角星鼓藻 *S. zahlbruckneri*(图 3-241,4)
(3) 半细胞正面观顶角角顶具刺。
(26) 半细胞正面观顶角中间不凹入。
(15) 缢缝顶端宽、钝;缢部长。

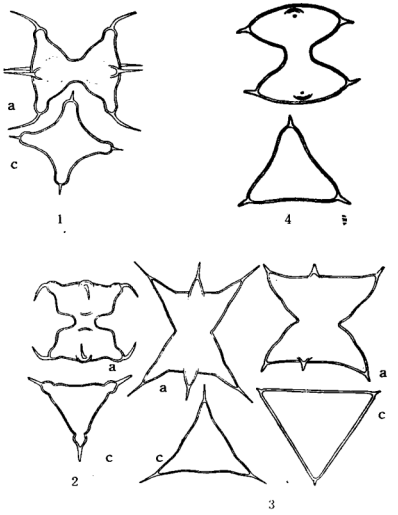


图 3-242 1. 尖头角星鼓藻 *S. cuspidatum*; 2. 单角角星鼓藻 *S. unicorne*; 3. 芒状角星鼓藻 *S. aristiferum*; 4. 薄皮角星鼓藻 *S. leptodermum*

13(14) 半细胞正面观顶角不膨大，或膨大而呈头状 …… 尖头角星鼓藻 *S. cuspidatum*(图 3-242,1)

14(13) 半细胞正面观顶角膨大呈头状 …… 单角角星鼓藻 *S. unicorne*(图 3-242,2)

15(12) 缢缝顶端尖，缢部短。

16(19) 半细胞正面观侧缘具 2 个微波。

17(18) 半细胞正面观三角形，顶角略膨大 …… 芒状角星鼓藻 *S. aristiferum*(图 3-242,3)

18(17) 半细胞正面观楔形，顶角尖圆 …… 薄皮角星鼓藻 *S. leptodermum*(图 3-242,4)

19(16) 半细胞正面观侧缘不具 2 个微波。

20(23) 半细胞正面观酒杯形，近倒半圆形。

21(22) 半细胞正面观酒杯形 …… 尖刺角星鼓藻 *S. apiculatum*(图 3-243,1)

22(21) 半细胞正面观倒半圆形…… 近缘角星鼓藻 *S. connatum*(图 3-243,2)

23(20) 半细胞正面观三角形，近椭圆形。

24(25) 半细胞正面观三角形至近椭圆形，顶角角顶具一斜向上或水平向(极少略向下)的长刺 …… 平卧角星鼓藻 *S. dejectum*(图 3-243,3)

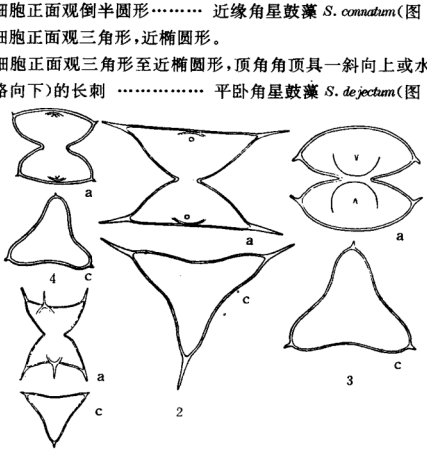


图 3-243 1. 尖刺角星鼓藻 *S. apiculatum*； 2. 近缘角星鼓藻 *S. connatum*；
3. 平卧角星鼓藻 *S. dejectum*； 4. 迪基角星鼓藻 *S. dickiei*

(24) 半细胞正面观椭圆形，顶角角顶具一略向下的短刺 …… 迪基角星鼓藻 *S. dickiei*(图 3-243,4)

(11) 半细胞正面观顶角中间宽而深凹入，分成两等分 …… 两裂角星鼓藻 *S. bifidum*(图 3-244)

(2) 细胞壁具颗粒，围绕半细胞角呈同心圆排列。

(29) 半细胞正面观椭圆形至近纺锤形，角圆或平直圆形 …… 膨胀角星鼓藻 *S. dilatatum*(图 3-245,1)

(28) 半细胞正面观椭圆形至近菱形，角尖圆形 …… 颗粒角星鼓藻 *S. punctulatum*(图 3-245,2)

(1) 半细胞正面观角延长成粗突起。

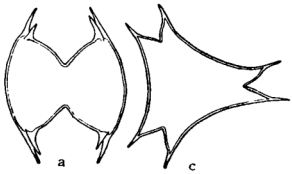


图 3-244 两裂角星鼓藻 *S. bifidum*

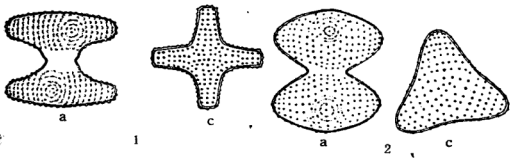


图 3-245 1. 膨胀角星鼓藻 *S. dilatatum*；
2. 颗粒角星鼓藻 *S. punctulatum*

(2) 突起平滑，顶端平直 …… 不显著角星鼓藻 *S. inconspicuum*(图 3-246,1)

(1) 突起具数轮刺或齿，缘边波形，顶端具刺。

33(64) 半细胞不具副突起①。

34(63) 细胞体部中间不具 2 个二叉型的刺。

35(62) 垂直面观二至四角形。

36(39) 半细胞具 2 个角。

37(38) 半细胞正面观长方形，顶缘无瘤 …… 四角角星鼓藻 *S. tetracerum*(图 3-246,2)

38(37) 半细胞正面观杯形，顶缘具瘤 …… 具齿角星鼓藻 *S. indentatum*(图 3-246,3)

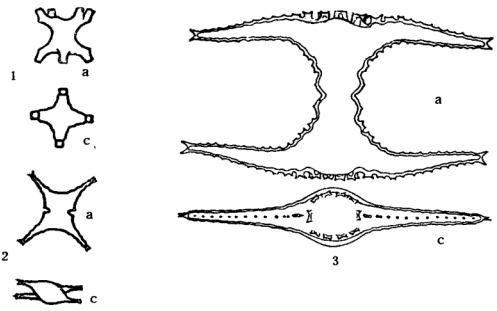


图 3-246 1. 不显著角星鼓藻 *S. inconspicum*； 2. 四角角星鼓藻 *S. tetracerum*； 3. 具齿角星鼓藻 *S. indentatum*

39(36) 半细胞具 3—4 个角。

40(57) 半细胞正面观平滑，具颗粒或齿，除半细胞顶部外不具明显的瘤。

41(42) 半细胞正面观顶缘中间常略高出，具 1 对中间微凹的瘤 …… 钝齿角星鼓藻 *S. crenulatum*(图 3-247,1)

42(41) 半细胞正面观顶缘中间不高出，具或不具瘤。

43(56) 半细胞正面观顶部不具瘤。

44(47) 半细胞顶角延长形成长突起。

---

① 突起基部又长出较小的突起称"副突起"。

(8) 半细胞正面观近杯形，顶角水平向或斜向上延长形成长突起 ……
…… 纤细角星鼓藻 *S. gracile*(图 3-247,2)

(15) 半细胞正面观近楔形，顶角略向下延长形成长突起 ……
…… 弯曲角星鼓藻 *S. inflexum*(图 3-247,3)

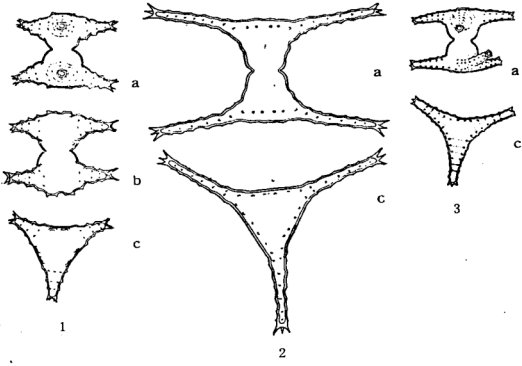


图 3-247　1. 钝齿角星鼓藻 *S. crenulatum*；　2. 纤细角星鼓藻 *S. gracile*；　3. 弯曲角星鼓藻 *S. inflexum*

(14) 半细胞顶角延长形成短突起。

(9) 半细胞顶角明显斜向上延长形成短突起……
…… 伪四角角星鼓藻 *S. pseudotetracerum*(图 3-248,1)

(18) 半细胞顶角水平向或略向下延长形成短突起。

(11) 半细胞正面观杯形、近圆形或近纺锤形，基部有时具 1 轮明显的颗粒
…… 珍珠角星鼓藻 *S. margaritaceum*(图 3-248,2—4)

(10) 半细胞正面观近椭圆形、近纺锤形、楔形、三角形等，基部不具 1 轮颗粒。

(3) 半细胞正面观近椭圆形、近纺锤形或楔形，腹缘比顶缘更为凸出 ……
…… 多形角星鼓藻 *S. polymorphum*(图 3-248,5)

(2) 半细胞正面观狭椭圆形、纺锤形、三角形等，腹缘与顶缘近似相同的凸出。

54(55) 半细胞正面观狭椭圆形到纺锤形，突起具 3—4 轮同心圆式排列的齿 …… 哈博角鼓藻 *S. haaboeliense*(图 3-248,6)

55(54) 半细胞正面观纺锤形至三角形，突起具数轮同心圆式排列的小颗粒 …… 六刺角星鼓藻 *S. hexacerum*(图 3-248,7)

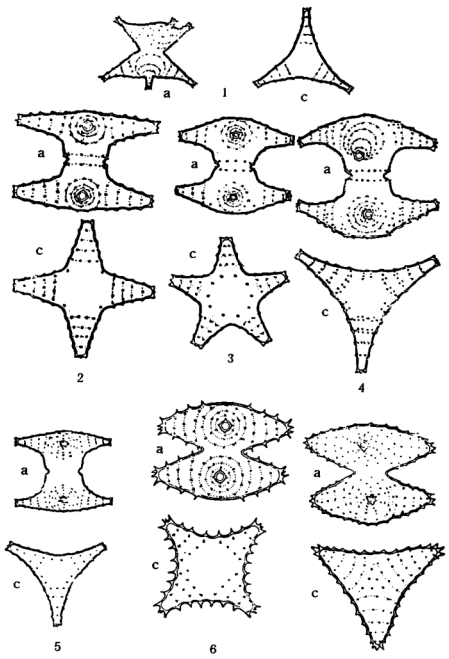


图 3-248 1. 伪四角角星鼓藻 *S. pseudotetracerum*； 2—4. 珍珠角星鼓藻 *S. margaritaceum*； 5. 多形角星鼓藻 *S. polymorphum*； 6. 哈博角星鼓藻 *S. haaboeliense*； 7. 六刺角星鼓藻 *S. hexacerum*

(43) 半细胞正面观顶部具瘤 …… 曼弗角星鼓藻 *S. manfeldtii*(图 3-249,1)

(40) 半细胞正面观具大的、明显的瘤。

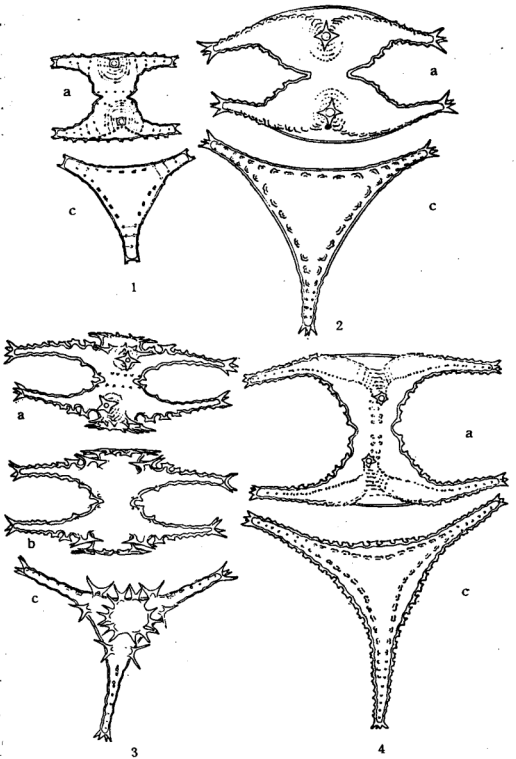


图 3-249 1. 曼弗角星鼓藻 *S. manfeldtii*； 2. 索塞角星鼓藻 *S. sonthalianum*；
3. 近环棘角星鼓藻 *S. subcyclacanthum*； 4. 广西角星鼓藻 *S. kwangsiense*

58(59) 半细胞正面观近纺锤形 …… 索塞角星鼓藻 *S. sonthalianum*(图 3-249,2)

59(58) 半细胞正面观近半圆形或宽楔形。

60(61) 半细胞正面观近半圆形,突起基部两侧各具 1 个中间微凹的瘤 …… …… 近环棘角星鼓藻 *S. subcyclacanthum*(图 3-249,3)

61(60) 半细胞正面观宽楔形,突起背缘、侧缘和腹缘各具 1 列瘤…… …… 广西角星鼓藻 *S. kwangsiense*(图 3-249,4)

62(35) 垂直面观六角形…… 威尔角星鼓藻 *S. willsii*(图 3-250,1)

63(34) 细胞体部中间具 2 个二叉型的刺…… …… 装饰角星鼓藻 *S. vestitum*(图 3-250,2)

64(33) 半细胞具副突起。

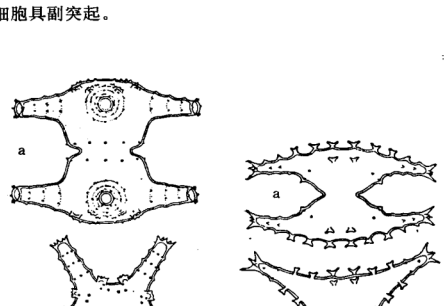


图 3-250 1. 威尔角星鼓藻 *S. willsii*; 2. 装饰角星鼓藻 *S. vestitum*

65(66) 侧角具 2 个水平位的短突起…… …… 成对角星鼓藻 *S. gemelliparum*(图 3-251,1)

66(65) 侧角具 1 个水平位的短突起。

67(68) 突起较短…… 六臂角星鼓藻 *S. senarium*(图 3-251,2)

68(67) 突起较长 …… 六角角星鼓藻 *S. sexangulare*(图 3-251,3)

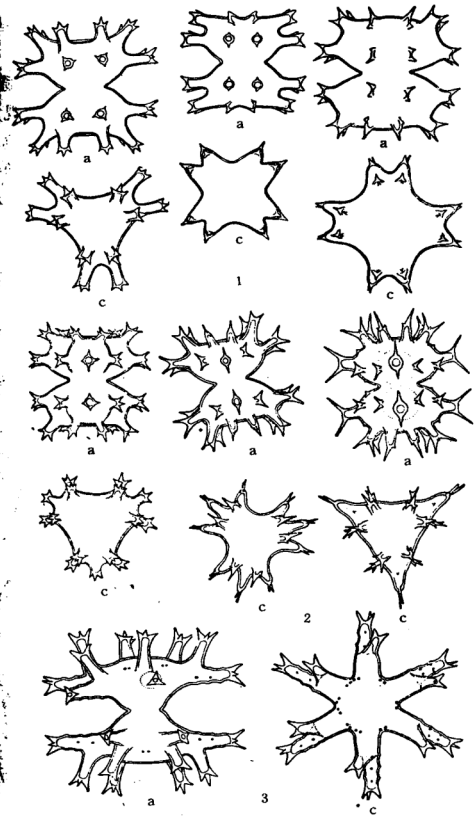


图 3-251　1. 成对角星鼓藻 *S. gemelliparum*；　2. 六臂角星鼓藻 *S. senarium*；　3. 六角角星鼓藻 *S. sexangulare*

（二十）鼓藻属 *Cosmarium*

单细胞。细胞侧扁，缢缝深凹。半细胞正面观近圆形、半圆形、梯形、截顶角锥形等；顶缘圆、平直或平直圆形。半细胞侧面观大多呈圆形，垂直面观椭圆形、长方形。细胞壁平滑，具花纹或颗粒、瘤、突起。半细胞中部有时有拱形隆起。半细胞具 1、2 或 4 个轴生色素体，每 1 色素体具 1 或数个蛋白核；少数种类具 6—8 条带状色素体。

种类很多；小型水体、浅水和沿岸区多见。

分种检索表

1（52）细胞壁平滑，仅具点纹或圆孔纹。

2（31）半细胞正面观半圆形、半椭圆形、椭圆形、近卵圆形或圆形。

3（18）半细胞正面观半圆形或半椭圆形。

4（9）细胞长约等于或略大于或小于宽。

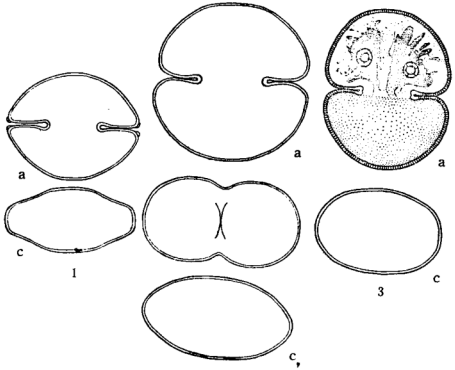


图 3-252　1. 模糊鼓藻 *C. obsoletum*；2. 圆鼓藻 *C. circulare*；3. 厚皮鼓藻 *C. pachydermum*（a——正面观；b——侧面观；c——垂直面观；以下同）

(6) 半细胞正面观横半椭圆形到扁半圆形，基角略加厚具乳头状突起 …… 模糊鼓藻 *C. obsoletum*(图 3-252,1)

(5) 半细胞正面观半圆形，基角不加厚。

(8) 细胞壁薄，顶面观长椭圆形 …… 圆鼓藻 *C. circulare*(图 3-252,2)

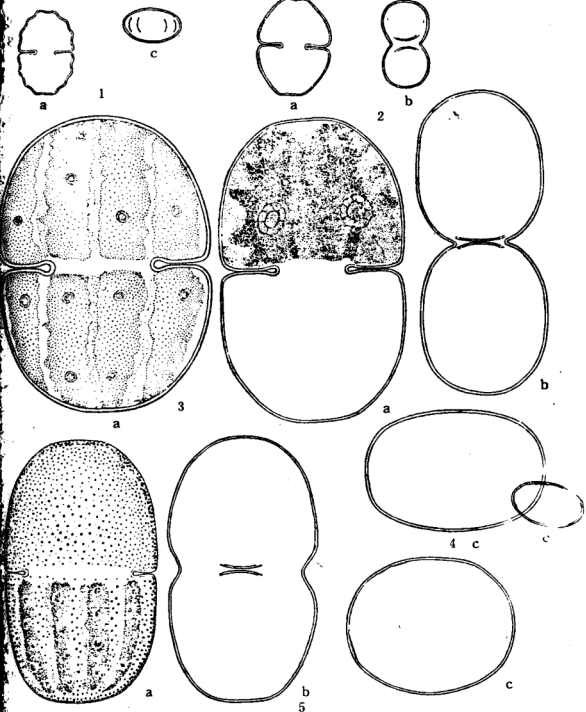


图 3-253 1. 凹凸鼓藻 *C. impressulum*； 2. 光滑鼓藻 *C. laeve*； 3. 胡瓜鼓藻 *C. cucumis*； 4. 近胡瓜鼓藻 *C. subcucumis*； 5. 圆孔纹鼓藻 *C. maculatum*

8（7）细胞壁厚，顶面观短椭圆形…… 厚皮鼓藻 *C. pachydermum*（图 3-252,3）

9（4）细胞长约为宽的 1.5—2.3 倍。

10(17) 细胞长约为宽的 1.5—1.7 倍，缢缝深。

11(12) 半细胞缘边具有 8 个波纹 …… 凹凸鼓藻 *C. impressulum*（图 3-253,1）

12(11) 半细胞缘边不具波纹。

13(14) 细胞小，顶缘狭、平直或略凹入 …… 光滑鼓藻 *C. laeve*（图 3-253,2）

14(13) 细胞大，顶缘宽、平直或略凸出。

15(16) 半细胞具 6—8 条纵向带状色素体 …胡瓜鼓藻 *C. cucumis*（图 3-253,3）

16(15) 半细胞具 1 个色素体 …… 近胡瓜鼓藻 *C. subcucumis*（图 3-253,4）

17(10) 细胞长约为宽的 2—2.3 倍，缢缝浅…… 圆孔纹鼓藻 *C. maculatum*（图 3-253,5）

18(3) 半细胞正面观椭圆形、近卵圆形或圆形。

19(26) 半细胞正面观椭圆形。

20(23) 半细胞正面观椭圆形或近横椭圆形，缢缝中等深度凹入。

21(22) 细胞小，壁薄、平滑 …… 着色鼓藻 *C. tinctum*（图 3-254,1）

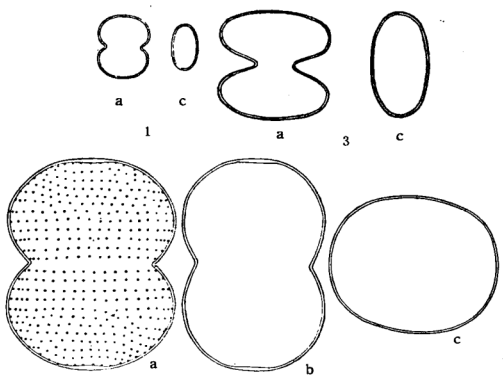


图 3-254 1. 着色鼓藻 *C. tinctum*； 2. 近缘鼓藻 *C. connatum*； 3. 双眼鼓藻 *C. bioculatum*

(21) 细胞大，壁厚、具小圆孔…… 近缘鼓藻 *C. connatum*(图 3-254,2)

(20) 半细胞正面观横长椭圆形或近横椭圆形，缢缝深凹入。

(25) 细胞长约等于宽，半细胞正面观横长椭圆形；缢缝向外张开呈锐角…
…… 双眼鼓藻 *C. bioculatum*(图 3-254,3)

(24) 细胞长略小于宽，半细胞正面观近横椭圆形，缢缝狭线形，外端张开
…… 扁鼓藻 *C. depressum*(图 3-206,1)

(19) 半细胞正面观圆形、近卵圆形。

(28) 半细胞正面观近卵圆形 …… 饱满鼓藻 *C. turgidum*(图 3-255,1)

(27) 半细胞正面观圆形。

(30) 缢缝深，呈锐角 …… 项圈鼓藻 *C. moniliforme*(图 3-255,2)

(29) 缢缝浅，呈钝角 …… 球鼓藻 *C. globosum*(图 3-255,3)

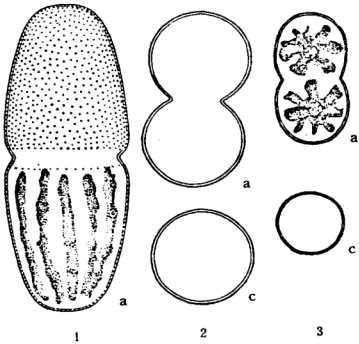


图 3-255 1. 饱满鼓藻 *C. turgidum*； 2. 项圈鼓藻 *C. moniliforme*； 3. 球鼓藻 *C. globosum*

(2) 半细胞正面观方形、长方形、近六角形、多角形或截顶角锥形。

(33) 半细胞正面观近方形到近长方形……
…… 具角鼓藻 *C. angulosum*(图 3-256,1)

(32) 半细胞正面观六角形—多角形或截顶角锥形。

(43) 半细胞正面观六角形—多角形。

35(38) 半细胞正面观中央具一乳头状突起。

36(37) 半细胞正面观近椭圆形到六角形，侧角无小乳状突起 …… 双桨鼓藻 *C. bireme*(图 3-256,2)

37(36) 半细胞正面观横矩形到六角形，侧角和角内具小乳头状突起 …… 矮型鼓藻 *C. pygmaeum*(图 3-256,3)

38(35) 半细胞正面观中央无乳头状突起。

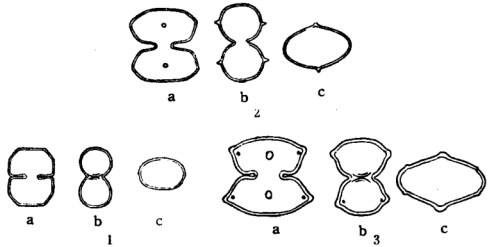


图 3-256 1. 具角鼓藻 *C. angulosum*； 2. 双桨鼓藻 *C. bireme*； 3. 矮型鼓藻 *C. pygmaeum*

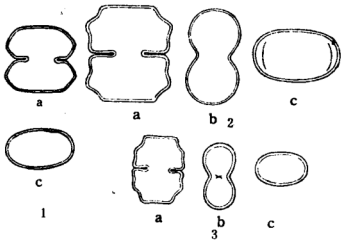


图 3-257 1. 短鼓藻 *C. abbreviatum*； 2. 雷尼鼓藻 *C. reguellii*； 3. 梅尼鼓藻 *C. meneghinii*

39(40) 半细胞正面观侧缘不凹入 …… 短鼓藻 *C. abbreviatum*(图 3-257,1)

40(39) 半细胞正面观侧缘凹入。

(42) 半细胞正面观梯形到六角形，侧角凸出，顶缘平直……
…… 雷尼鼓藻 *C. regnellii*(图 3-257,2)
(41) 半细胞正面观近六角形，侧角不凸出，顶缘略凹入……
…… 梅尼鼓藻 *C. meneghinii*(图 3-257,3)
(34) 半细胞正面观截顶角锥形。
(51) 半细胞正面观缘边完整、不具波形。
(46) 半细胞正面观具 3 叶，顶叶和侧叶间略凹入 ……
…… 三叶鼓藻 *C. trilobulatum*(图 3-258,1)
(45) 半细胞正面观不具 3 叶，侧缘不凹入。
(48) 半细胞正面观基部角近直角…… 颗粒鼓藻 *C. granatum*(图 3-258,2)
(47) 半细胞正面观基部角圆。
(50) 细胞中等大小，长约为宽的 1.8 倍 ……
…… 拟角锥鼓藻 *C. psendopyramidatum*(图 3-258,3)
(49) 细胞小，长约为宽的 1.2 倍 … 近膨胀鼓藻 *C. subtumidum*(图 3-258,4)
(44) 半细胞正面观缘边具波形 …… 钝鼓藻 *C. obtusatum*(图 3-258,5)
(1) 细胞壁具颗粒、瘤或乳头状突起。
(76) 半细胞正面观半圆形、扁半圆形、椭圆形、肾形、梯形或梯形到近长方形。
(57) 半细胞正面观半圆形、扁半圆形。
(56) 半细胞正面观半圆形，缘边具 15—17 个中间微凹的瘤……
…… 四列鼓藻 *C. quadrifarium*(图 3-259,1)
(55) 半细胞正面观扁半圆形，细胞壁具许多不规则排列的钝圆锥形颗粒
…… 广西鼓藻 *C. kwangsiense*(图 3-259,2)
(54) 半细胞正面观椭圆形、肾形、梯形到半圆形或梯形到近长方形。
(63) 半细胞正面观椭圆形或肾形。
(62) 半细胞正面观椭圆形。
(61) 细胞壁具单一均匀的颗粒；半细胞中央不具隆起 ……
…… 波特鼓藻 *C. porticanum*(图 3-260,1)
(60) 细胞壁具单一或成对的颗粒；半细胞中央具一对隆起 ……
…… 双瘤鼓藻 *C. geminatum*(图 3-260,2)
(59) 半细胞正面观肾形 …… 肾形鼓藻 *C. reniforme*(图 3-260,3)
(58) 半细胞正面观梯形到半圆形或梯形到近长方形。
(65) 半细胞正面观梯形到近长方形 … 双钝顶鼓藻 *C. biretum*(图 3-261,1)

65(64) 半细胞正面观梯形到半圆形。

66(67) 半细胞正面观中央颗粒减少或退化……

…… 斑点鼓藻 *C. punctulatum*(图 3-261,2)

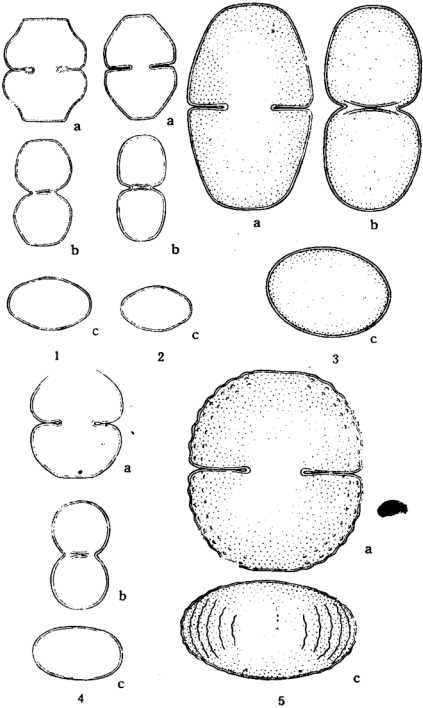


图 3-258 1. 三叶鼓藻 *C. trilobulatum*； 2. 颗粒鼓藻 *C. granatum*；
3. 拟角锥鼓藻 *C. pseudopyramidatum*； 4. 近膨胀鼓藻
C. subtumidum； 5. 钝鼓藻 *C. obtusatum*

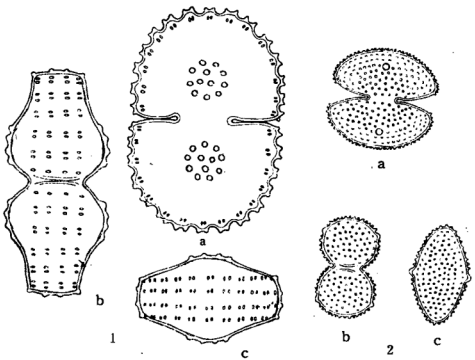


图 3-259　1. 四列鼓藻 *C. quadrifarium*；　2. 广西鼓藻 *C. kwangsiense*

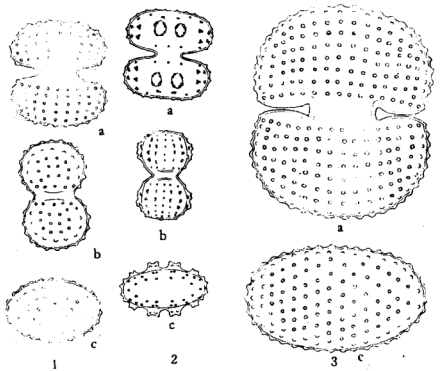


图 3-260　1. 波特鼓藻 *C. portianum*；　2. 双瘤鼓藻 *C. geminatum*；　3. 肾形鼓藻 *C. reniforme*

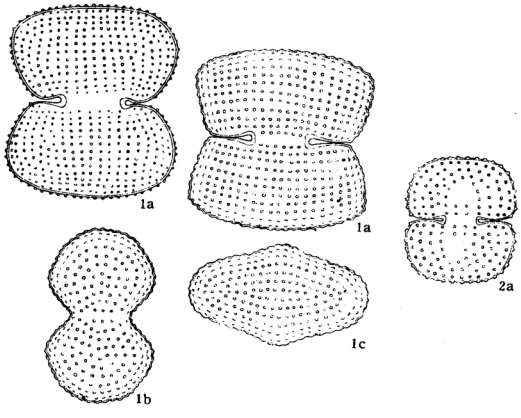


图 3-261　1. 双钝顶鼓藻 *C. biretum*；　2. 斑点鼓藻 *C. punctulatum*

67(66) 半细胞正面观中央具颗粒、颗粒组成的隆起或瘤。

68(69) 半细胞正面观缢部上端具 1 个中间微凹的瘤……鼻形鼓藻 *c. nastutum*(图 3-262,1)

69(68) 半细胞正面观中央具颗粒、颗粒组成的隆起。

70(73) 半细胞正面观中央具颗粒。

71(72) 半细胞正面观中央具 1 乳头状颗粒 … 布莱鼓藻 *C. blytii*(图 3-262,2)

72(71) 半细胞正面观中部具 4 横列大而圆的颗粒……异粒鼓藻 *C. anisochondrum*(图 3-262,3)

73(70) 半细胞正面观中央具颗粒组成的宽隆起。

74(75) 半细胞正面观中央具 5—7 列纵向的颗粒，形成宽的隆起……美丽鼓藻 *C. formosulum*(图 3-262,4)

75(74) 半细胞正面观缢部上端具 3 列颗粒组成的隆起……近前膨胀鼓藻 *C. subprotumidum*(图 3-262,5)

76(53) 半细胞正面观长方形、截顶角锥形。

77(82) 半细胞正面观长方形。

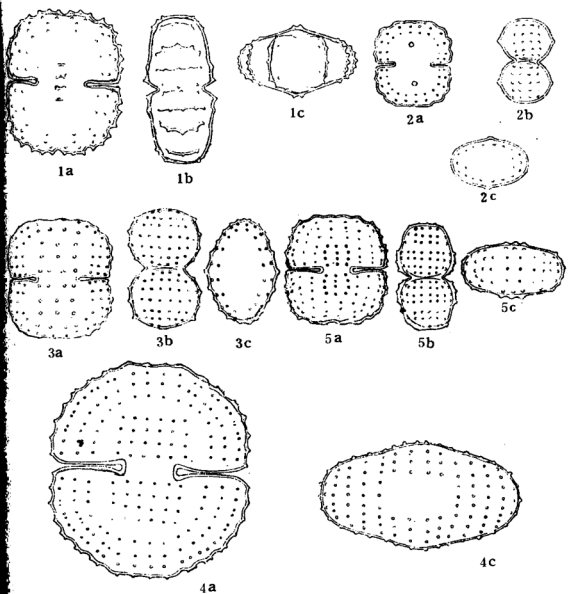


图 3-262　1. 鼻形鼓藻 *C. nastutum*；　2. 布莱鼓藻 *C. blytii*；
3. 异粒鼓藻 *C. anisochondrum*；　4. 美丽鼓藻 *C. formosulum*；
5. 近前膨胀鼓藻 *C. subprotumidum*

8(79) 细胞小；半细胞正面观呈长矩形(长为宽的一倍) ……
…… 伪布鲁鼓藻 *C. pseudobroomei*(图 3-263,1)

9(78) 细胞大或中等大小；半细胞正面观近矩形。

9(81) 半细胞正面观缘边大约具 28－32 个颗粒，颗粒间具点纹……
…… 珍珠鼓藻 *C. margaritatum*(图 3-263,2)

81(80) 半细胞正面观缘边大约具 34—37 个颗粒，颗粒间无点纹……
…… 方鼓藻 *C. quadrum*（图 3-263,3）

82(77) 半细胞正面观截顶角锥形。

83(86) 半细胞正面观中央不具瘤。

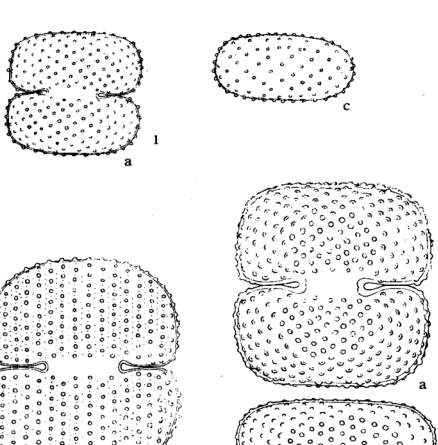


图 3-263 1. 伪布鲁鼓藻 *C. psendobroomei*； 2. 珍珠鼓藻 *C. margaritatum*； 3. 方鼓藻 *C. quadrum*

84(85) 细胞壁具均匀的颗粒 …… 葡萄鼓藻 *C. botrytis*（图 3-264,1）

85(84) 细胞壁具颗粒，到半细胞中央逐渐退化，颗粒间具点纹……
…… 四眼鼓藻 *C. tetraophthalmum*（图 3-264,2）

86(83) 半细胞正面观中央具瘤或隆起。

87(88) 半细胞正面观中央具一对隆起 …… 特平鼓藻 *C. turpinii*（图 3-264,3）

88(87) 半细胞正面观中央具脊状瘤 …… 双齿鼓藻 *C. binum*（图 3-264,4）

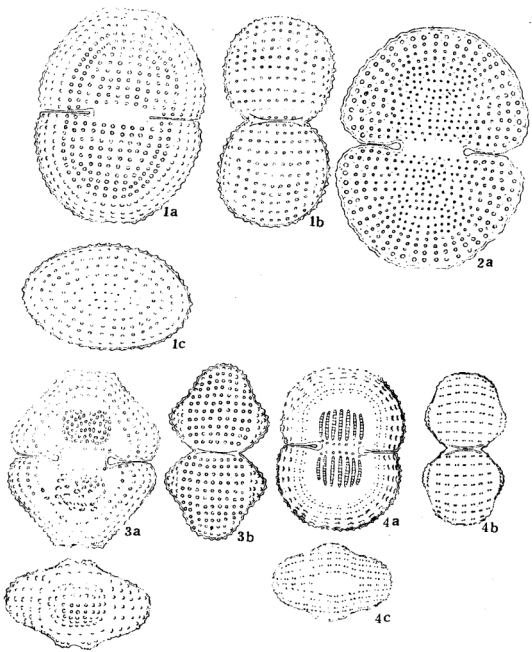


图 3-264　1. 葡萄鼓藻 *C. botrytis*；　2. 四眼鼓藻 *C. tetraophalmum*；
3. 特平鼓藻 *C. turpinii*；　4. 双齿鼓藻 *C. binum*

第四章　浮游动物的形态特征及分类检索

浮游动物的种类组成极为复杂，包括无脊椎动物的大部分门类——从最低等的原生动物到较高等的尾索动物，差不多每一类都有永久性浮游动物代表。同时，还包括许多无脊椎动物（特别是底栖动物）的幼虫，致使浮游动物的种类组成更加复杂化。不过，在养殖业和生态系结构、功能和生物生产力的研究中占有重要地位的一般有原生动物、轮虫、枝角类、桡足类四大类。

第一节　原生动物

一、一般特征

（一）形　态

原生动物是由单细胞构成的微小动物，最小的不过2—3微米，最大的也只5毫米，一般多在30—300微米之间。有些种类形成群体，但除了某些生殖个体外，群体中所有的单个虫体都是独立生活的，并且在形态和功能上都是相同的。原生动物虽没有后生动物的器官，但是它们在细胞内有了形态上的分化，而形成能执行各种功能的各个部分，特称为“胞器”或“类器官”。胞器的形状和机能各有不同。如用以运动的胞器有各种鞭毛、伪足、纤毛；用以营养的胞器有胞口、胞咽和食物泡；用以排泄废物或调节渗透压的胞器有伸缩泡等。

原生动物体表具细胞膜。有些种类，如变形虫等，只有一层很薄的原生质膜，不能使身体保持固定的形状，这种情况称细胞裸露；多数种类的细胞质表面有表膜，使身体保持一定的形状。有些种类，如板壳虫等的表膜进一步分化成一块块的骨板。有些种类的

体表形成坚固的外壳、披甲、骨针等；有些种类如砂壳虫的壳上还黏合外物（砂粒、藻壳等）。

（二）营　养

原生动物主要以细菌、藻类、其他小动物和碎屑等作为食物。肉足纲的种类没有专门的胞口，它们体表任何部分都可起到口的作用：当伪足遇到食物时，即用身体把它包围起来，分泌消化酶加以消化、摄食。纤毛虫纲的种类一般都有胞口，以吞食或滤食的方式获得食物。按照食物的丰富程度和本身的活动性，原生动物体内可能形成几个到多个食物泡。

（三）呼　吸

大多数原生动物是好气性的，需要氧进行呼吸。它们通过细胞膜的扩散，从周围水中吸收氧，同时将二氧化碳排出。有许多原生动物能在无氧条件下生活。

（四）排　泄

大多数原生动物专门的排泄器是伸缩泡。伸缩泡不断伸缩，从细胞质中收集代谢产物并通过体表的开孔排出体外。纤毛虫类的伸缩泡数量为 1 到数个，构造比较多样。最简单的只有 1 个伸缩泡，中间有一小孔开口于表膜；复杂的有 2 个以上，同时有许多收集管配合作用，如草履虫有 2 个伸缩泡交替伸缩，每个泡有辐射排列的 7—10 根收集管。收集管收集排泄物后送到中间的伸缩泡，由小孔排出体外。

（五）生　殖

原生动物的生殖方式可分为无性生殖和有性生殖两类。无性生殖是简单的细胞分裂，即细胞质和细胞核一分为二。当环境条件良好时，原生动物就连续进行无性生殖，个体数量增加很快。有性生殖严格说来不是专门的繁殖方式，而是细胞核的更新现象。有性

生殖往往出现在环境条件较差，或种群已经连续进行较长时间无性生殖因而比较衰老需要增加其生活力的时候。

（六）生态与分布

原生动物由于体形小，其孢囊又能抵抗干燥，所以极易为鸟类、昆虫和其他动物所携带以及受风的作用而到处传播；又由于生活周期很短，即使在仅存留几天的雨后积水坑塘、水洼等间歇性水体中也能繁殖后代。所以几乎有水的地方就有原生动物存在。因此，许多原生动物种类的分布是世界性的。

影响浮游性原生动物的主要环境因素有以下几个方面：① 温度。原生动物既可生活在地球的寒冷的两极和冰雪之中，也可生活在高温的温泉中，如西藏 67℃ 的温泉中看到鳐颌砂壳虫（*Difflugia pristis*）。在实验室内用冰冻方法保存原生动物，在－95℃时梨形四膜虫（*Tetrahymena Pyriformis*）能生存 4 个月之久。不过大多数原生动物最适宜的温度为 16—25℃。② 氢离子浓度（pH）。大多数原生动物能忍耐天然水体中氢离子浓度的大幅度变化，但少数原生动物是狭酸碱性的，如大旋口虫（*Spirostomum ambiguum*）只能在 pH 6.0—7.8 内生活。一般原生动物的最适 pH 在 6.5—8.0 之间。③ 有机质含量。水体中有机质的含量对原生动物的分布有很大的影响。有些种类大量出现于受重污染、有机质极多的水体中，如草履虫、屋滴虫、小口钟虫等；在中度污染、有机质较丰富的水域中，原生动物种类最多。少数种类仅出现于有机质很少的清洁的水中。因此，调查水体中的原生动物既可了解水体生产力的高低；又可指示水体受污染的程度。

二、分　　类

淡水中较常见的浮游性原生动物约 200 种左右。经典的分类学家一般把原生动物分为鞭毛虫纲、肉足虫纲、孢子虫纲、纤毛虫纲。随着发现种类的增加，新技术的应用，分类学家对原生动物传统的分类进行了修正。现行的分类系统概括如下：

原生动物门分纲检索表

(8) 营养期间以伪足或鞭毛为行动工具 …… 肉鞭亚门 Sarcomastigophora
(5) 营养期间以鞭毛为行动工具 …… 鞭毛总纲 Mastigophora
(4) 有绿的色素体，但也有无色的 …… 植鞭纲 Phytomastigophorea
(3) 没有绿的色素体，无例外 …… 动鞭纲 Zoomastigophora
(2) 营养期间以伪足为行动工具 …… 肉足总纲 Sarcodina
(7) 伪足叶状、指状或丝状，无轴丝 …… 根足纲 Rhizopodea
(6) 伪足呈辐射形，有轴丝 …… 辐足纲 Actinopodea
(1) 营养期间以纤毛为行动工具 …… 纤毛亚门 Cilophorea
(10) 胞口位于前端或亚前端，无口旁纤毛膜 ……
…… 动基片纲 Kinetofragminophora
(9) 胞口位于腹面，有口旁纤毛膜。
(12) 小膜口缘区是向左(反时针)旋转的 …… 寡膜纲 Oligohymenophora
(11) 小膜口缘区是向右(顺时针)旋转的 …… 多膜纲 Polyhymenophora

(一) 肉足总纲 Sarcodina

这是一类以伪足为运动和摄食胞器的原生动物，其中有些种类在一定的情况下具有鞭毛或鞭毛幼体，所以在系统演化上和鞭毛纲之间有一定的联系。伪足是原生质向体表伸出的突起，一般不是永久性的，可根据需要随时形成和消失，除运动外尚有摄食和抛出废物的机能。伪足按其形状可分为如下四类：

指状伪足——短而粗，指状或舌状，兼含外质和内质；

丝状伪足——长而细，多少呈丝状，只含外质；

网状伪足——丝状分枝，相互交错成网状，只含外质；

轴状伪足——伪足内有一根硬的骨质轴丝，使伪足呈针形。这种伪足是半永久性的。

1. 根足纲分属检索表

本纲的种类伪足叶状、指状或丝状，无轴丝。有些种类具外壳，壳有壳孔，伪足从中伸出。

1(24) 伪足叶状或指状，即使有分枝也不会交织在一起 ……
…… 叶足亚纲 Lobo
2(5) 体裸而无壳 …… 变形目 Amoeb
3(4) 体大，通常在500微米以上。细胞核很多，一般有100个左右 ……
…… 多核变形虫属 *Pelomyxa*(图 4-1
4(3) 体有大有小，一般在20—500微米之间。细胞核通常1个，最多2个
…… 变形虫属 *Amoeba*(图 4-1,
5(2) 本体皆有壳围裹 …… 表壳目 Arcellin
6(7) 壳薄而柔软，口孔无一定形状 …… 螺足虫属 *Cochliopodium*(图 4-1,
7(6) 壳坚硬，有一定的壳孔。
8(9) 背面观，壳呈表壳形 …… 表壳虫属 *Arcella*(图 4-1,
9(8) 壳不为表壳形，系由胶质粘取外界砂粒或其他物质形成。

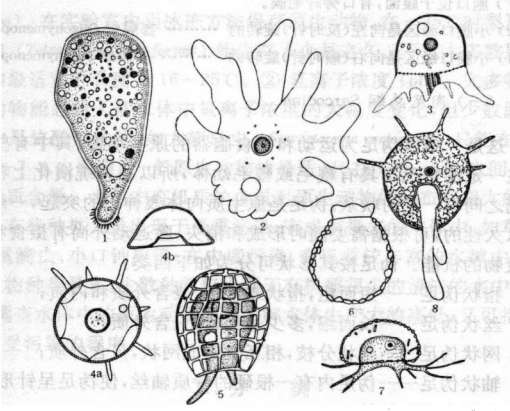


图 4-1 1. 纤毛多核变形虫 *P. villosa*； 2. 无恒变形虫 *A. dubia*；
3. 透明螺足虫 *C. bilimbosum*； 4. 普通表壳虫 *A. vulgaris*（a——顶面观；b——侧面观）； 5. 球形方壳虫 *Q. globulosa*； 6. 葫芦虫 *Cucurbitella*； 7. 半球珠蜱虫 *P. hemisphaerica*； 8. 针棘匣壳虫 *C. aculeata*

10(11) 壳由几丁质薄膜覆盖方形硅质薄片所组成……
…… 方壳虫属 *Quadrulella*(图 4-1,5)
11(10) 壳系拾取外界砂壳或其他物质而成。
12(13) 壳末端孔口偏于一侧,壳周围常有棘刺生出 ……
…… 匣壳虫属 *Centropyxis*(图 4-1,8)
13(12) 壳孔在末端中央。
14(15) 壳上有一明显且有一定长度的颈,颈下面又扩展成漏斗状 ……
…… 葫芦虫属 *Cucurbitella*(图 4-1,6)
15(14) 壳上无上述之颈。
16(17) 壳系半球形的帽状,壳孔大,圆形 …… 珐帽虫属 *Phryganella*(图 4-1,7)
17(16) 壳形多样,壳孔较小,不一定是圆的 …… 砂壳虫属 *Difflugia*
18(19) 壳系长圆形,顶端浑圆 …… 长圆砂壳虫 *D. oblonga*(图 4-2,1)
19(18) 壳系圆桶形,顶端尖削 …… 尖顶砂壳虫 *D. acuminata*(图 4-2,2)
20(21) 壳系冠冕形,顶端周围生出角状突出物 5—7 个……
…… 冠砂壳虫 *D. corona*(图 4-2,3)
21(20) 壳不为冠冕形,亦无角状突出物。
22(23) 壳口边缘向外翻转…… 瓶砂壳虫 *D. urceolata*(图 4-2,4)
23(22) 壳口叶形,边缘不向外翻转 …… 湖沼砂壳虫 *D. limnetica*(图 4-2,5)

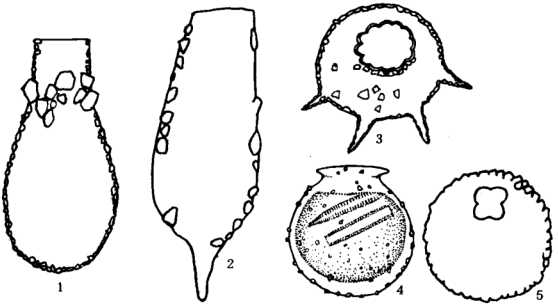


图 4-2 1. 长圆砂壳虫 *D. oblonga*; 2. 尖顶砂壳虫 *D. acuminata*; 3. 冠砂壳虫 *D. corona*; 4. 瓶砂壳虫 *D. urceolata*; 5. 湖沼砂壳虫 *D. limnetica*

24(1) 伪足丝状或线状，前端尖削并分枝，很少互相并合 …… 丝足亚纲 Filosia

25(26) 无壳。

26(25) 有壳 …… 有壳丝足目 Testaceafilosa

27(34) 壳系硅质板镶合排列而成，很透明，无外物渗杂。

28(33) 体较大，硅质板明显，壳孔位于末端中央。

29(30) 硅板很小，规则地排列在壳膜上，壳形扭曲似曲颈瓶 …… 曲颈虫属 *Cyphoderia*(图 4-3,1)

30(29) 硅板较大，系镶嵌一起的，壳不扭曲。

31(32) 壳末有短颈 …… 楔颈虫属 *Sphenoderia*(图 4-3,2)

32(31) 壳末无短颈 …… 鳞壳虫 *Euglypha*(图 4-3,3)

33(28) 体形很小，硅质板不明显，壳孔在末端偏于一侧 …… 三足虫属 *Trinema*(图 4-3,4)

34(27) 壳由外界砂粒形成，很不透明，无硅质板片 …… 拟砂壳虫属 *Pseudodifflugia*(图 4-3,5)

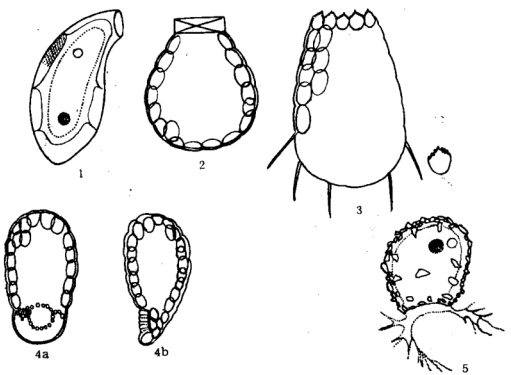


图 4-3 1. 曲颈虫 *Cyphoderia*； 2. 小扁楔颈虫 *S. lenta*； 3. 有棘鳞壳虫 *E. acanthophora*； 4. 斜口三足虫 *T. enchelys*(a——腹面观；b——侧面观)； 5. 美拟砂壳虫 *P. gracilis*

2. 辐足纲太阳虫类分属检索表

生物体呈圆球形，伪足辐射伸出，分轴足、丝足或网足型。体赤裸或有壳，壳有膜状的、几丁质的和硅质的。

1(4) 身体赤裸。除了形成孢囊外，身体没有厚的外包，轴丝从中央伸出。

2(3) 细胞质中只有一个中央核。轴足由细胞核处伸出 …… 太阳虫属 *Actinophrys*(图 4-4,1)

3(2) 细胞质中有许多分散的核。轴足自内外质之间伸出 …… 光球虫属 *Actinosphaerium*(图 4-4,2)

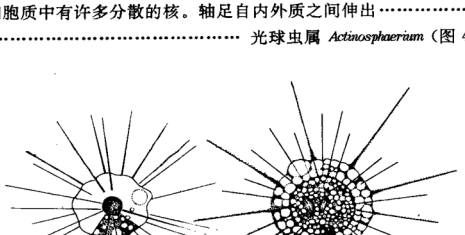


图 4-4 1. 放射太阳虫 *A. sol*； 2. 轴丝光球虫 *A. eichhorni*

4(1) 身体外有胶质外包囲裹，没有骨片 …… 星盘虫属 *Astrodisculus*(图 4-5,1)

5(6) 身体包裹不如上述。

6(5) 身体有坚固成分的外包囲裹。

7(10) 外包有原生质厚层组成。

8(9) 外包内埋有许多几丁质的针刺，从伪足之间放射而出 …… 异胞虫属 *Heterophrys*(图 4-5,2)

9(8) 外包内埋有各种形状的、硅质的鳞片，这些鳞片常分布到伪足的表面 …… 刺日虫属 *Raphidiophrys*(图 4-5,3)

10(7) 外包是硅质成分，没有或稍有一点原生质。

11(12) 外包有正切排列的鳞片和放射排列的针刺 ……

…… 刺胞虫属 *Acanthocystis*(图 4-5,4)

12(11) 外包有无色小球排成规则的同心层……

…… 泡套虫属 *Pompholyxophrys*(图 4-5,5)

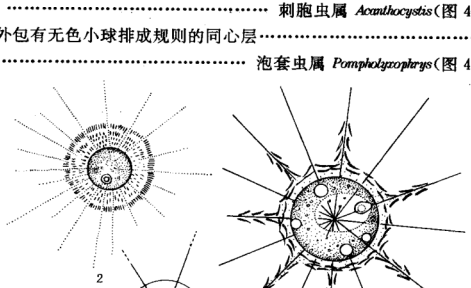


图 4-5 1. 放射星盘虫 *A. radians*； 2. 辐射异胞虫 *H. radiata*； 3. 苍白刺日虫 *R. pallida*； 4. 叉棘刺胞虫 *A. chactophora*； 5. 微红泡套虫 *P. punicea*

（二）纤毛亚门 Cilophorea

本亚门与其他原生动物的主要区别在于它终身具有纤毛作为运动和摄食的胞器。纤毛可以等长，也可以不等长。一般纤毛成纵列、斜列或螺旋行列，可以全身披有纤毛，也可以退化到只身体一部分有纤毛。纤毛是从埋在外质内的基粒上伸出，此基粒也可称之为生毛体或动体。从纤毛演变而来的还有触毛、波动膜及小膜。

所有纤毛虫都有口。口的位置和构造在分类上十分重要，若认清了口的位置，就能区别虫体腹背、左右和前后。纤毛虫的口一般在腹面（有些则在侧面或顶端），故凡与口相对的一面即为虫体的背面。以口位于腹面的虫体为例，若将口部移到视野的前方，并从腹面（即有口的一面）观察时，则虫体的左面正是视野的右方，虫体的右面正是视野的左方（轮虫亦然）。

最原始的口在前端中央并直接在体表开口，称为胞口（cytostome）。随着生物的进化，口的构造也逐渐向三方面复杂化了。一是胞口陷入并形成口围，而且口的位置也从前端逐渐移到腹面；二是围绕胞咽有杆状支持胞器；三是口缘区的纤毛器分化。在胞口处的原生质向内陷入，象“喉”一样，称为胞咽（cytophalynx）。有的纤毛虫胞口不在前端中央表面，而微微沉入体内，在胞口前有一不大的凹陷，称之为口前庭。如果胞口更深地陷入体内，在胞口周围形成一个较宽广的区域叫口围（图 4-6）。缘毛亚纲的口围在身体前端形成不对称的漏斗。钟虫口围的边缘由三层纤毛膜（内缘二层，外缘一层）组成，是逆时针地螺旋进入体内。草履虫和四膜虫的口已转到腹面，其口围也可称之为口腔。旋毛亚纲有特别发达的小膜口缘区，与缘毛目相反是顺时针地螺旋进入胞口。除了小膜口缘区外，有的口围还有波动膜。

本亚门的种类有大、小核之分，小核是双倍体，大核是多倍体。大核的大小、形状、数量变化很大。形状有圆、卵圆、椭圆、念珠、马蹄、树枝形等。一般说小核控制细胞的遗传，大核则控制细胞的营养。

1. 动基片纲分属检索表

(34) 胞口在前端、亚前端或前端侧面，胞咽不呈篮口式 ……
…… 裸口亚纲 Gymnostomata

(29) 胞口开口于体表或接近体表，无口前庭和口纤毛，胞口裸露。

(26) 胞口位于前端。

(11) 胞口圆形或卵圆形，若有刺丝泡则不限于口区 ……

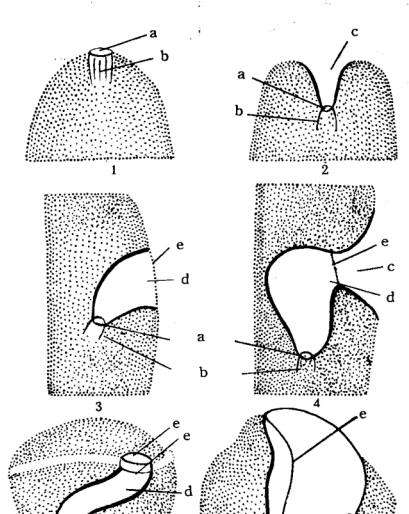


图 4-6　纤毛虫口的图解（仿 Corliss，1961）

1. 裸口目前管虫的口器；2. 低等毛口目的口器；3. 膜口目四膜虫口器；4. 膜口目草履虫的口器；5. 缘毛目的口器；6. 下毛目的口器

a——胞口，b——胞咽，c——口前庭，d——口腔，e——口腔缘

…… 前口目 Prostomatida

5（6）体外披有纵横排列十分整齐的，由外质硬化形成的板壳 ……

…… 板壳虫属 *Coleps*（图 4-7，1）

(5) 体外不披有板壳。

(10) 无管状胞咽。

(9) 胞口圆形，十分简单没有任何专门的围口纤毛器。体纤毛一般均匀分布，长短也一致 …… 裸口虫属 *Holophrya*(图 4-7,2)

(8) 胞口周围被一圈膜状小盖所包围，身体后端常有一到数根比体纤毛长3倍以上的尾纤毛 …… 尾毛虫属 *Urotricha*(图 4-7,3)

(7) 有管状胞咽，且有双层的刺杆 …… 前管虫 *Prorodon*(图 4-7,4)

(4) 胞口卵圆形或呈裂缝状，刺丝泡多限于口区 …… 刺钩目 Haptorida

(13) 胞口占整个截断状的前端。体呈左右侧扁的瓶或锥形 …… 刀口虫属 *Spathidium*(图 4-8,3)

(12) 胞口和体形不如上述。

(23) 体纤毛均匀分布，有时纤毛减少。身体前端无凸起。

(16) 胞口位于与体分界明显的"头部"上 …… 长吻虫属 *Lacrymaria*(图 4-8,1)

(15) 胞口位于体前端，没有"头部"。

(20) 胞咽在体前端的半球状突出物上。

(19) 体左右不对称，前端无颈状延伸 …… 瓶口虫属 *Lagynophrya*(图 4-8,2)

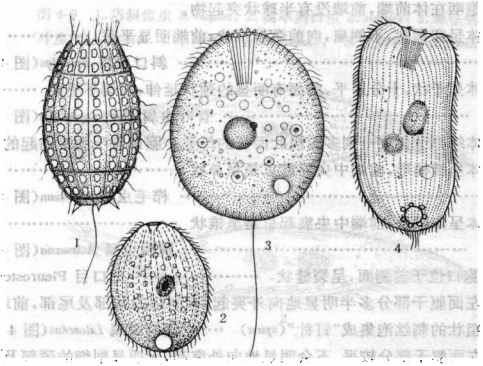


图 4-7 1. 毛板壳虫 *C. hirtus*; 2. 裸口虫 *H. atra*; 3. 尾毛虫 *Urotricha*; 4. 柱前管虫 *P. teres*

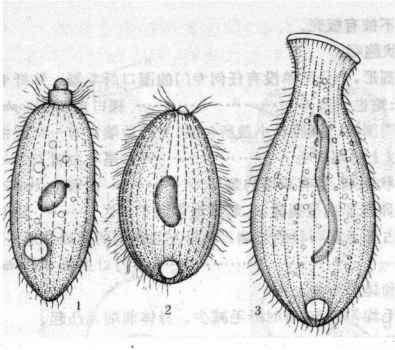


图 4-8　1. 小长吻虫 *L. minima*；2. 锥瓶口虫 *L. conifera*；3. 刀口虫 *S. spathula*

19(18) 体左右对称，前端多少有颈状延伸 …… 斜齿虫属 *Enchelyodon*（图 4-9,1）

20(17) 胞咽在体前端，前端没有半球状突起物。

21(22) 体呈卵圆状，不侧扁，向前微呈颈状，前端明显平截 …… 斜口虫属 *Enchelys*（图 4-9,2）

22(21) 体呈矛状，十分扁平，前面有明显的颈状延伸，前端不平截 …… 管叶虫属 *Trachelophyllum*（图 4-9,3）

23(14) 体纤毛退化成一到多圈粗壮而长的纤毛。胞口位于圆锥凸起的顶端。

24(25) 体呈圆桶形，前端中央突起总是呈鼻状 …… 栉毛虫属 *Didinium*（图 4-9,4）

25(24) 体呈卵圆形，前端中央突起总是呈锥状 …… 睥睨虫属 *Askenasia*（图 4-9,5）

26(3) 胞口位于前侧面，呈裂缝状 …… 侧口目 Pleurostomatida

27(28) 左面躯干部分多半明显地向外突起，有削细的颈部及尾部，前端没有粗壮的刺丝泡集成“钉针”(*spica*) …… 漫游虫属 *Litonotus*（图 4-10,1）

28(27) 左面躯干部分较平，不会明显地向外突起，无明显削细的颈部及尾部，前端有粗壮的刺丝泡集成“钉针” …… 半眉虫属 *Idemiophorys*（图 4-10,2）

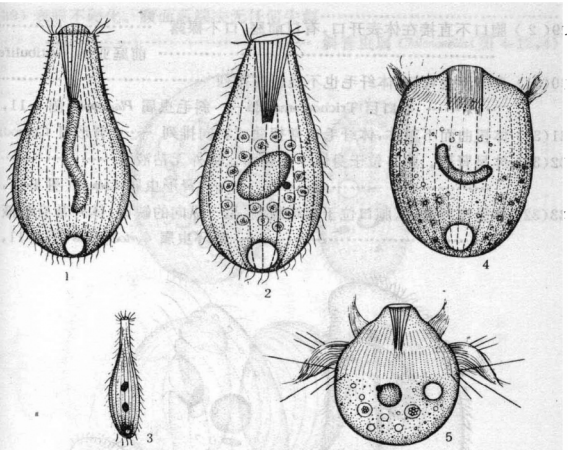


图 4-9　1. 巧斜齿虫 *E. elegans*；2. 简单斜口虫 *E. simplex*；3. 卑怯管叶虫 *T. pusillum*；　4. 单环栉毛虫 *D. balbiani*；　5. 团脾睨虫 *A. volvox*

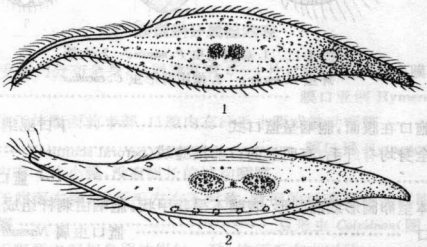


图 4-10　1. 片状漫游虫 *L. fasciola*；
2. 肋状半眉虫 *H. pleurosigma*

29(2) 胞口不直接在体表开口，有口前庭，口不裸露 ……
…… 前庭亚纲 Vestibulifera
30(31) 身体不会弯转，体纤毛也不是扭曲排列 ……
…… 毛口目 Trichostomatida——斜毛虫属 *Plagiopyla*(图 4-11,1)
31(30) 体扭曲而不对称，体纤毛也常扭曲或斜向排列 …… 肾形目 Colpodida
32(33) 体呈肾形。胞口位于身体中央腹面。体外无粘液管……
…… 肾形虫属 *Colpoda*(图 4-11,3)
33(32) 体呈窄卵圆形。胞口位于前端腹侧，呈一纵向的缺口。体外常有粘液管
…… 篮环虫属 *Cyrtolophosis*(图 4-11,2)

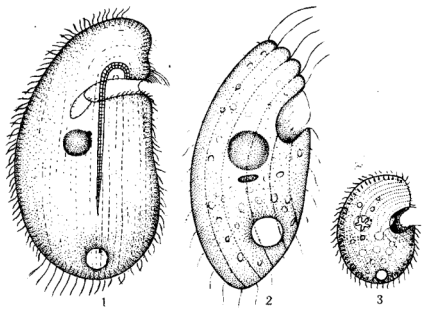


图 4-11 1. 鼻斜毛虫 *P. nasuta*； 2. 大篮环虫 *C. major*； 3. 僧帽肾形虫 *C. cucullus*

34(1) 胞口在腹面，胞咽呈篮口式 …… 下口亚纲 Hypostomata
35(38) 全身均有纤毛，有明显的口前接缝线(peroral sculture) ……
…… 篮口目 Nassulida
36(37) 体呈卵圆形或椭圆形，表膜不呈盔甲状。胞咽由刺杆组成，通常称为篮口 …… 篮口虫属 *Nassula* (图 4-12,1)
37(36) 体侧扁，表膜坚硬，盔甲状 …… 单镰虫属 *Drepanomonas*(图 4-12,2)
38(35) 仅腹面有纤毛…… 管口目 Cyrtophoida
39(40) 表膜硬化。腹面后方有一根旋毛或笔尖的刺……
…… 轮毛虫属 *Trochilia*(图 4-12,3)

(39) 表膜不硬化。腹面后端决无任何尖刺……
…… 斜管虫属 *Chilodonella*(图 4-12,4)

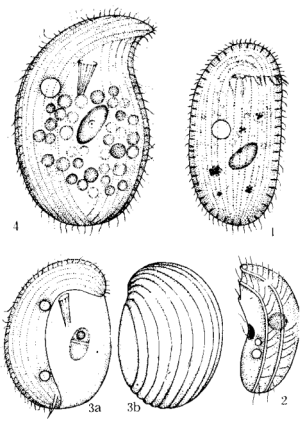


图 4-12 1. 篮口虫 *Nassula*; 2. 纯单镰虫 *D. obtusa*; 3. 沟轮毛虫 *T. sulcata* (a——腹面观;b——背面观); 4. 食藻斜管虫 *C. algivora*

2. 寡膜纲分属检索表

1(12) 体纤毛均匀分布全身,口器通常有 3—4 片口腔纤毛膜或小膜组成……
…… 膜口亚纲 Hymenostomata

2(9) 口器位于体腹面前半部,口腔内有纤毛小膜或波动咽膜 ……
…… 膜口目 Hymenostomatida

3(6) 口腔内有 4 片小膜,没有纵长的波动咽膜。

4(5) 口位于腹面右缘,体纤毛左右不对称,背面的纤毛列在前部明显地弯向右侧 …… 豆形虫 *Colpidium*(图 4-13,1)

5(4) 口位于腹面中部与身体的纵轴一致,体纤毛左右对称 ……
…… 四膜虫 *Tetrahymena*(图 4-13,2)

6(3) 口腔内有 2—3 片长的咽膜。

7(8) 口腔内有 2 片长的咽膜。虫体呈雪茄形或鞋底形,有发达的口沟……

…… 草履虫属 *Paramecium*(图 4-13,

8(7) 口腔内有 3 片长的褶膜。虫体呈卵圆形或椭圆形,无发达的口沟…

…… 前口虫属 *Frontonta*(图 4-13,

9(2) 胞口偏向左或右侧。有些种类波动膜呈帆状……

…… 盾纤毛目 Scuticociliati

10(11) 口纤毛不是明显地向外伸出帆状的波动膜。体为扁卵圆形椭圆形,口在后部,尾纤毛多根 …… 映毛虫属 *Cinelochilum*(图 4-13,

11(10) 口纤毛明显地向外伸出呈帆状的波动膜。口在右侧……

…… 膜袋虫属 *Cyclidium*(图 4-13,

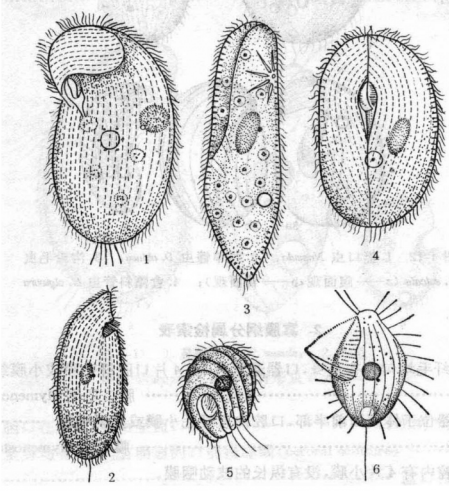


图 4-13 1. 肾形豆形虫 *C. colpoda*; 2. 吻状四膜虫 *T. rostrata*; 3. 草履虫 *Paramecium*; 4. 凹扁前口虫 *F. depress*; 5. 珍珠映毛虫 *C. margaritaceum*; 6. 银灰膜袋虫 *C. glaucoma*

12(1) 体纤毛退化。身体前端有很发达的左旋口缘区 ……

…… 缘毛亚纲 Peritrich

(18) 身体有柄，柄有肌丝且能收缩。

(15) 柄不分枝，故不会形成树状群体 …… 钟虫属 *Vorticella*(图 4-14,1)

(14) 柄分支且形成树状群体。

(17) 柄有肌丝总是相连的 …… 聚缩虫属 *Zoothamnium*(图 4-14,3)

(16) 柄内肌丝在分叉处是不相连 …… 独缩虫属 *Carchesium*(图 4-14,2)

(13) 身体有柄，但柄无肌丝，故不能收缩……

…… 累枝虫属 *Epistylis*(图 4-14,4)

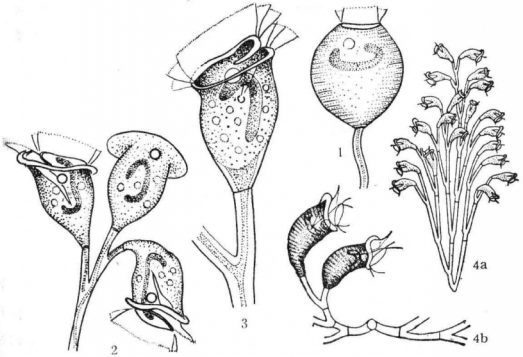


图 4-14 1. 缩钟虫 *V. abbreviata*；2. 螅状独缩虫(分支的一部分) *C. polypinum*；3. 树状聚缩虫(分支的一部分) *Z. arbuscula*；4. 浮游累枝虫 *E. rotans*(a——群体；b——某一分支)

3. 多膜纲分属检索表

(14) 体纤毛不会融合为触毛。

(5) 体纤毛均匀分布，表膜薄，有时能高度收缩 …… 异毛目 Heterotrichida

(4) 体呈长圆柱形或长圆筒形。口缘区纤毛沿着腹面中线向后延伸并略向右旋 …… 旋口虫属 *Spirostomum*(图 4-15,1)

(3) 体呈喇叭形。口缘区纤毛沿着身体前端向右旋转约 300 度……

…… 喇叭虫属 *Stentor*(图 4-1

5(2) 体纤毛退化,表膜增厚 …… 寡毛目 Oligotric

6(11) 无壳。

7(8) 在身体的赤道区有几束长的棘毛,能跳跃运动 ……

…… 弹跳虫属 *Halteria*(图 4-15

8(7) 身体的赤道区无长的棘毛,不会跳跃运动。

9(10) 小膜口缘区是开口的,口裸露。身体后部由刺丝泡组成的腰带……

…… 急游虫属 *Strombidium*(图 4-15,

10(9) 小膜口缘区是封闭的,胞口不裸露,身体后部无刺丝泡组成的腰带

…… 侠盗虫属 *Strobilidium*(图 4-15,

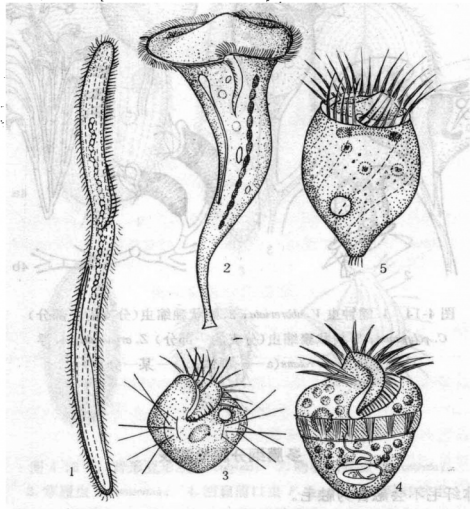


图 4-15 1. 小旋口虫 *S. minus*; 2. 多态喇叭虫 *S. polymorphus*; 3. 大弹跳虫 *H. grandinella*; 4. 绿急游虫 *S. viride*; 5. 旋回侠盗虫 *S. gyrans*

11(6) 有壳。

12(13) 壳的砂粒粗而松散，壳呈管状或喇叭形，无领……

…… 简壳虫 *Tintinnidium*(图 4-16,1)

13(12) 壳的砂粒细而紧密，壳呈钵形或杯形，一般有领，壳表往往有细的螺纹

…… 拟铃壳虫属 *Tintinnopsis*(图 4-16,2)

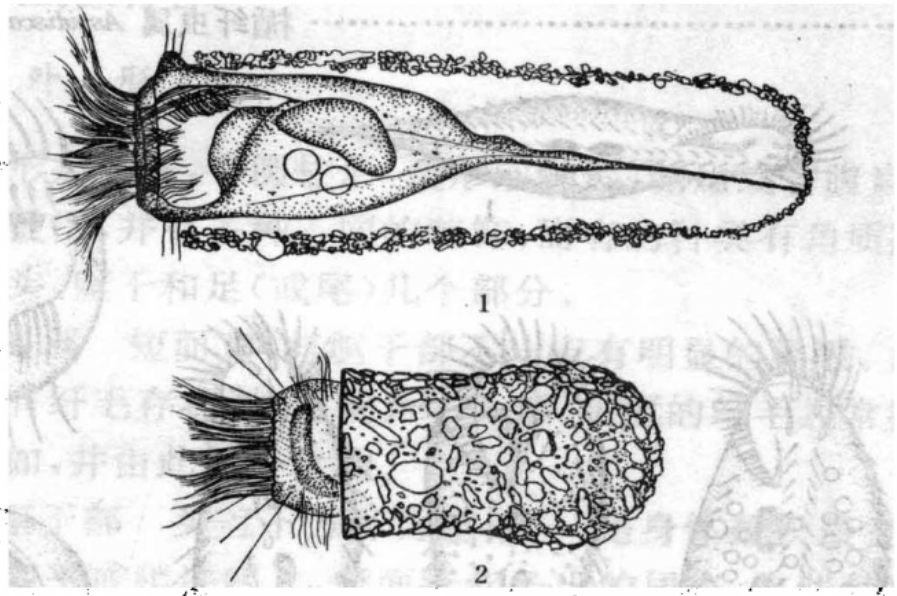


图 4-16 1. 简壳虫 *Tintinnidium*；
2. 拟铃壳虫 *Tintinnopsis*

14(1) 体纤毛仅在腹面，并融合为硬的触毛 …… 下毛目 Hypotrichida

15(26) 小膜口缘区十分发达。

16(25) 有缘触毛。

17(20) 腹面的触毛未分化，有 2—12 行连续排列的触毛。

18(19) 腹面有 2—4 行腹触毛，无臀触毛。体后端细削成尖尾状……

…… 瘦尾虫属 *Ureleptus*(图 4-17,1)

19(18) 腹面有 2 行腹触毛，有臀触毛，体后端不缩成尖尾……

…… 全列虫属 *Holosticha*(图 4-17,2)

20(17) 腹面的触毛分化成前触毛、腹触毛和臀触毛等，并分区排列。

21(24) 体柔软，可收缩。左右两侧缘触毛在身体末端会合。

22(23) 胞口的右缘唇微向左弯，但远离小膜口缘区。一般无尾触毛 ……

…… 尖毛虫属 *Oxytricha*(图 4-17,3)

23(22) 胞口的右缘唇明显地向左弯或呈螺旋形弯转，与小膜口缘区靠拢……

…… 宽口虫 *Steinia*

24(21) 体较硬，不收缩，左右两侧的缘触毛在身体末端不会合。有尾触毛
…… 棘尾虫属 *Stylonychia*(图 4-17
25(16) 无缘触毛或高度退化。体坚实，往往有纵长的肋条 ……
…… 游仆虫 *Euplotes*(图 4-17
26(15) 小膜口缘区缩减退化在一个囊袋里。体坚硬，往往有肋条隆起……
…… 楯纤虫属 *Aspidisca*(图 4-17,

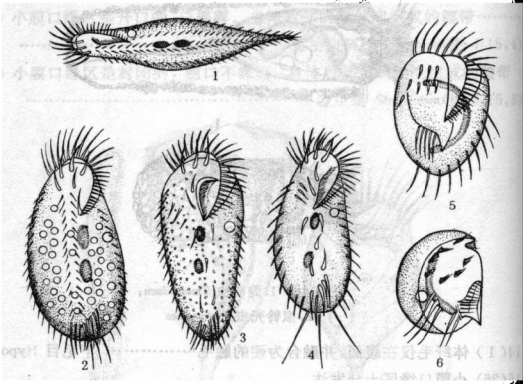


图 4-17 1. 尾瘦毛虫 *U. caudatus*； 2. 绿全列虫 *H. viridis*；
3. 欠安尖毛虫 *Q. inquieta*； 4. 弯棘尾虫 *S. curvata*； 5. 土生
游仆虫 *E. terricola*； 6. 齿楯纤虫 *A. dentata*

第二节 轮 虫

一、一般特征

轮虫（*Rotifera*）是一类小型多细胞动物，虽有的轮虫可长达
毫米，但一般在 100—500 微米之间，只有在显微镜下方能观察，所
以轮虫是最小的后生动物。轮虫在形态上最主要的特征有三点：

第一，身体前端或靠近前端存在着一个有纤毛的特殊区域，叫做头冠。头冠上的纤毛经常摆动，形如毡轮，故名轮虫。第二，在口腔或口管下面的咽喉部分，有一个膨大的咀嚼囊。囊内有很发达的肌肉，并有一套由砧板和槌板组成的咀嚼器。第三，排泄系统为一对盘曲、纵长的原肾管。

（一）外　形

轮虫形态各异，有圆柱形、囊形或钟形，侧扁或背腹扁平；有的种类有厚被甲，并有各种不同的装饰；而有的种类有角质膜。轮虫一般可分头、躯干和足（或尾）几个部分。

（1）头部　短而宽，与躯干部不一定有明显的界限。由于头冠及其周围有纤毛存在，故显现为一头部。头冠的纤毛经常摆动使轮虫运动自如，并由此获得食物。

（2）躯干部　头冠下方即为躯干部，是身体最长最宽的部分，一般腹部扁平或稍许凹入，背面隆起凸出的居多。有些种类躯干部的表面层具有环形褶皱，形成一定数目的“假节”。很多种类表皮高度特化形成坚硬的被甲。有些种类的被甲上还具有刻纹、隆起和相当发达的棘刺。在躯干部的前面有一个背触手，后面两边各有一个侧触手；有些无被甲的种类，在躯干部有刚毛状附肢，由强大的肌肉连结，用以跳动或游泳。

（3）足（或尾）部　轮虫的足是躯干部向后延伸变细而成的。有的种类有足，有的种类无足，所以足也是轮虫分类的重要根据。有被甲的种类，足一般由足孔缩入被甲内；无被甲的种类足一般也缩入体内。足通常有几节组成，某些蛭态类轮虫足可象套筒样伸缩。异尾轮虫的足很短，只有一节或几节组成；臂尾轮虫和镜轮虫的足表面具若干环形的假节，同时可自由弯曲。大多数轮虫足上有1—4个趾，一般为2个，或大或小，呈锥形、针形、叶形，相等或不等。镜轮虫足的趾已被一圈纤毛所取代。在足的基部有一对足腺，有细管通到趾。足腺能分泌粘液，趾以此附着在其他物体上。足和趾是一种运动器官，在游泳时可以起“舵”的作用；但无足或无趾的

种类亦可运动自如。

（二）内部构造

（1）体壁　轮虫的体壁由表皮细胞、皮下肌肉和皮层组成。体壁外面和外界的水相接触，里面则为液体，因而氧气可以直接通过这层细胞渗到体液中，二氧化碳也靠同样的方法扩散到体外，因此轮虫无特殊的呼吸器官。

（2）消化系统　轮虫的消化系统包括口、咽、咀嚼囊、食道、胃和肠。肠直通泄殖腔，肛门（泄殖孔）开口于躯干末端靠近足的基部。口一般在头冠的腹面与咽相连。凶猛性轮虫无咽存在，口直接与咀嚼囊相通。咀嚼器由厚的咽肉壁构成，其中生着一个构造复杂的骨质板。这是轮虫重要特征之一，在分类学上十分重要。咀嚼器由 7 块骨片组成，分砧板和槌板两部分。砧板由一片砧基和两片砧枝组成。槌板左右各一，每槌板包括一片槌钩和一片槌柄。咀嚼器有强大的肌肉连接，动作很灵活，可分以下八种形式（图 4-19）：

a. 槌型（malleate）　砧基短，槌钩弯转，它的中央部分分裂若干个尖头或箭头状的长条齿，横砧枝之上。砧枝内侧无真正的槌存在，通过左右槌钩经常的动作，不断地进行咀嚼。臂尾轮科的种类为此型咀嚼器。

b. 枝型（virgate）　砧基和槌柄都很细长而呈杖型，砧枝呈宽阔的三角形板，槌钩一般有 1—2 个齿，能伸出口外，捕捉食物

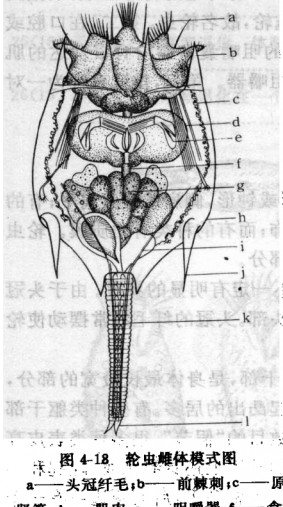


图 4-18　轮虫雌体模式图

a——头冠纤毛；b——前棘刺；c——原肾管；d——肌肉；e——咀嚼器；f——食道；g——胃；h——被甲；i——伸缩泡；j——后棘刺；k——足；l——趾

把它咬碎，故一般称为凶猛的种类。属这型咀嚼器的种类有：无柄轮虫、椎轮虫、疣毛轮虫、腹尾轮虫和异尾轮虫。

c. 钳型（forcipate） 槌柄很长，砧基较短而砧枝特别长，或多或少弯转成钳状，内侧往往具一系列的锯齿。取食时钳型的咀嚼器能完全伸出口外。这一形式的咀嚼器只限于猪吻轮科的种类。

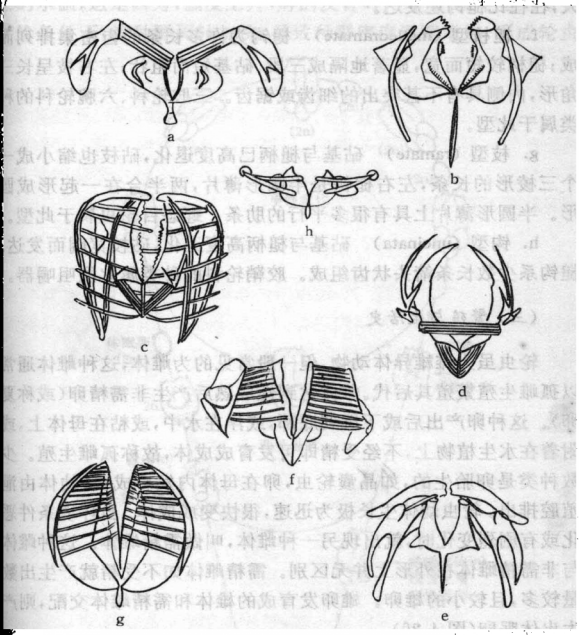


图 4-19 轮虫的咀嚼器

a——槌型；b——杖型；c——钳型；d——砧型；e——梳型；f——槌枝型；g——枝型；h——钩型

d. 砧型（incudate） 砧枝特别发达，内侧往往有 1—2 对刺状的突出。砧基短，槌柄退化，只留一些痕迹；槌钩也变得很细。晶囊轮科种类属此类型。

e. 梳型（cardati） 本型只限于柔轮科的少数种类。砧板呈提琴状；槌柄复杂，它的中部分出一作月牙形弯曲的枝。前咽片相当大，往往比槌钩还发达。

f. 槌枝型（malleoramate） 槌钩为许多长条的齿密集排列而成；槌柄较短而宽，显著地隔成三段。砧基短而粗壮；左右枝呈长三角形，内侧具有不甚突出的细齿或锯齿。三肢轮科、六腕轮科的种类属于此型。

g. 枝型（ramate） 砧基与槌柄已高度退化，砧枝也缩小成一个三棱形的长条，左右槌钩是半圆形薄片，两半合在一起形成圆形。半圆形薄片上具有很多平行的肋条。蛭态目轮虫属于此型。

h. 钩型（uncinata） 砧基与槌柄高度退化，砧枝宽阔而发达。槌钩系少数长条箭头状齿组成。胶鞘轮科的种类属此型咀嚼器。

（三）繁殖与生活史

轮虫虽为雌雄异体动物，但一般常见的为雌体，这种雌体通常以孤雌生殖繁殖其后代。雌体达到性成熟后产生非需精卵（或称夏卵）。这种卵产出后或下沉到底部，或浮在水中，或粘在母体上，或附着在水生植物上，不经受精即可发育成成体，故称孤雌生殖。少数种类是卵胎生的，如晶囊轮虫，卵在母体内发育成长，幼体由泄殖腔排出。轮虫幼体生长极为迅速，很快变成成体。当环境条件恶化或有剧烈变化时，就出现另一种雌体，叫做需精雌体。这种雌体与非需精雌体在外形上并无区别。需精雌体如不受精就产生出数量较多，且较小的雄卵。雄卵发育成的雄体和需精雌体交配，则产生出休眠卵（图 4-20）。

（四）生态与分布

大多数浮游性轮虫是世界性种类，在地球的广泛区域内都可

见到。这些种类又往往具有高度的适应性，在各种类型的水域中都能生存。水温和水的氢离子浓度(pH)是影响轮虫分布的主要生态因子。根据在不同温度下出现的种类，轮虫可分为冷水性种类，广温性种类和暖水性种类。在大部分水体中广温性种类占优势。从武汉东湖长期定点观察表明，轮虫总数的高峰一般出现在 20°C 以上的水温。这是因为，温度上升，孵的发育时间缩短，在丰富的食物供给条件下，使种群周转加快，导致种群密度迅速增加，形成轮虫

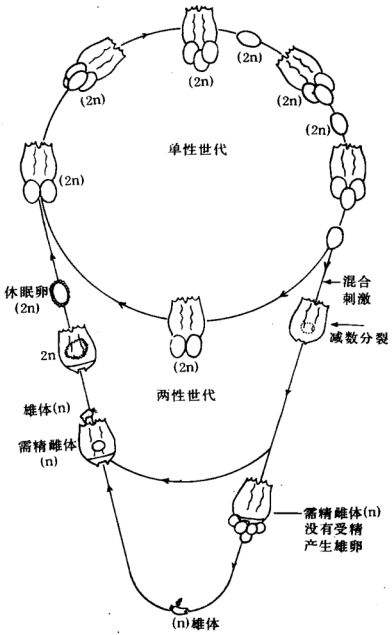


图 4-20　单巢目轮虫生活史模式图(仿 Koste，1978)

总数的高峰。

根据 pH 的不同，轮虫亦可分为碱水性种类，兼性种类和酸水性种类。一般的规律是在酸性水体中，种类多，数量少，而在碱性水体中则数量多，种类少。随着水体富营养化程度的增加，使水的 pH 值上升导致轮虫种类减少而数量增多。因此，轮虫可指示水质的营养状况。

单巢目轮虫的休眠卵和高度收缩而进入假死状态的蛭态目轮虫，能耐受干旱、寒冷等恶劣环境；同时亦能借助于风力、水流等散布到世界各地。一些鸟类、昆虫及其他动物也是轮虫的散布者。

不同种类的轮虫需要不同类型的居住环境。所谓世界性种类，就是在同一类型的生态条件中，即使在世界的不同区域，都应包含基本相似的轮虫区系。能够适应所有不同类型的居住环境的种类，事实上是不存在的。

二、分　类

轮虫是线形动物门（Nemathelminthes）中的一个纲。也有学者把这类假体腔动物称为原腔动物门（Aschelminthes）。按照目前国外常用的分类法，轮虫纲分成 2 个亚纲，3 个总目。单巢总目又分为 2 个目。分类大纲如下：

轮虫纲 Rotatoria

Ⅰ. 尾盘亚纲 Seisona

1. 尾盘总目 Seisona

卵巢无卵黄腺，雄体发达，头冠退化，海产寄生。

Ⅱ. 真轮虫亚纲 Eurotatoria

1. 蛭态总目 Bdelloidea

卵巢具卵黄腺一对，枝型咀嚼器，无侧触手

2. 单巢总目 Monogononta

卵巢具卵黄腺一个，不为枝型咀嚼器

（1）游泳目 Ploimida

如有足则具成对或不成对的趾，足腺一对。轮器各异，但决不是六腕轮型或胶鞘轮型

(2) 神轮目 Gnesiotrocha

① 簇轮亚目 Floscullariacea

如有足则无趾，足腺发达。六腕轮型或聚花轮型头冠。咀嚼器为槌枝型

② 胶鞘轮亚目 Collothecacea

足无趾，足腺发达。胶鞘轮型头冠，咀嚼器钩型

尾盘亚纲轮虫只包括寄生于海洋无脊椎动物中的少数种类，淡水中完全没有，因此省略。

(一) 分属检索表

1(42) 有足。足或长或短；且有1个或2个或几个能伸缩的环节；光滑或有假节，有或无趾。

2(37) 足有趾。

3(26) 有被甲。被甲坚固并有一定的形状；被甲虽柔软但仍可保持一定的形状。一般有棘、疣、条纹、龙骨等。

4(17) 被甲背腹扁平，或不扁平。

5(6) 足长。有环纹可伸缩，呈蠕虫样。身体壮实，前端有2、4、6个棘；后端浑圆，角状或具1—2个棘。足孔有棘刺或无棘刺 …… 臂尾轮属 *Brachionus*(图 4-38—4-45)

6(5) 足短，1—4节，无环纹。

7(10) 被甲或多或少呈圆柱形。

8(9) 头部顶端具有一明显的半圆形盾状的冠甲(头鞘)。末端具3个后刺 …… 鳞冠轮属 *Squatinella*(图 4-21)

9(8) 头部无冠甲，被甲平直或拱起，有或无龙骨(Crest)和前棘。1—2个趾，常不相等，针形，互相之间扭在一起，趾常有1根或几根刚毛 …… 异尾轮属 *Trichocerca*(图 4-51—4-53)

10(7) 被甲或多或少背腹扁平。

11(12) 被甲前缘具棘，后缘具细齿(被甲与臂尾轮虫相似，故有人把本属并入臂尾轮属)。足3节，仅部分能伸缩，趾短 …… 平甲轮属 *Platyas*(图 4-22)

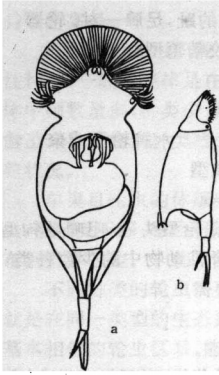


图 4-21　吻突鳞冠轮虫 *S. rostrum*
（a——背面观；b——侧面观）

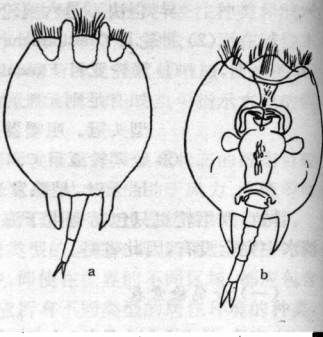


图 4-22　四角平甲轮虫 *P. quadricornis*
（a——背面观；b——腹面观）

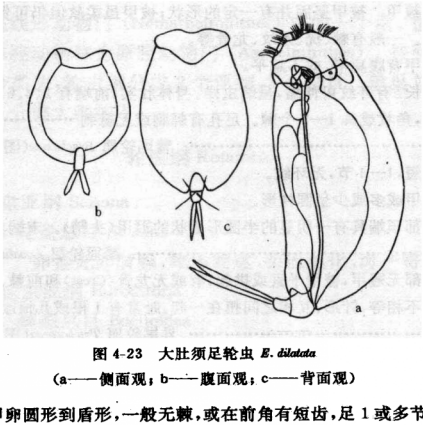


图 4-23　大肚须足轮虫 *E. dilatata*
（a——侧面观；b——腹面观；c——背面观）

12(11) 被甲卵圆形到盾形，一般无棘，或在前角有短齿，足 1 或多节。

13(14) 被甲腹面一般扁平，背部拱起，有或无龙骨，侧面扩张或呈羽状。外形呈卵圆形或梨形，背面末端具“V”字形凹陷。足很短，2—3 节，2 个趾，较大，呈箭形或针形 …… 须足轮属 *Euchlanis*（图 4-23）

14(13) 被甲背腹面均扁平，有 2 个板或 1 个板。

15(16) 被甲卵圆形、梨形或盾形，有背板和腹板，被甲前端开口宽而浅，侧缘突出呈角形或短棘，后端浑圆，或延伸呈突起，足短，1—2 节，趾长，2 个或融合成 1 个，或部分融合。1 个眼 …… 腔轮属 *Lecane*（图 4-24）

2 个趾完全裂开 …… 腔轮亚属 *Lecane*（图 4-24,a,d）

2 个趾部分融合 …… 半趾轮亚属 *Hemimmostyla*（图 4-24,b）

2 个趾完全融合为 1 个 …… 单趾轮亚属 *Monostyla*（图 4-24,c）

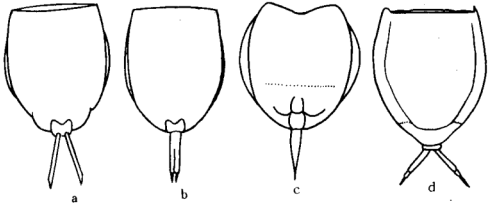


图 4-24 腔轮属 *Lecane*

（a,d——腔轮亚属；b——半趾轮亚属；c——单趾轮亚属）

16(15) 被甲一块，呈卵圆形、梨形，有或无龙骨及侧突起。被甲前端开口狭，半圆形。足孔很深，足有 3—4 节，但仅末端和趾伸出被甲之外，趾 2 个，或短或长，尖角状。2 个侧眼 …… 鞍甲轮属 *Lepadella*（图 4-25）

17(4) 被甲或多或少侧扁。

18(21) 足有褶皱；足孔在腹面，趾 1 或 2 个。

19(20) 被甲粗壮，囊形或锥形，并有齿、沟或脊 …… 皱甲轮属 *Ploesoma*（图 4-26）

20(19) 被甲薄，柔弱，瓶状且平滑 …… 腹尾轮属 *Gastropus*（图 4-27）

21(18) 足无褶皱，1 或 2 节；足孔在后端，趾 2 个。

22(23) 躯体向腹面弯曲，被甲相当柔韧，几片组成，有侧裂片，足短；趾短或长 …… 巨头轮属 *Cephalodella*（图 4-28,1）

23(22) 被甲较厚，侧面观呈钱包形。

24(25) 被甲较短，有背裂片，后端有时亦在前端具齿。足 1 或几节，趾较长，刀状或稍弯曲 …… 棘管轮属 *Mytilina*(图 4-28,2)

25(24) 被甲圆形或前端尖削，后端很少浑圆，大多数种类向后瘦削比较突出，使最后端形成一尖角，头部最前端具有能伸缩的钩状小甲片。足 3—4 节 …… 狭甲轮属 *Colurella*(图 4-28,3)

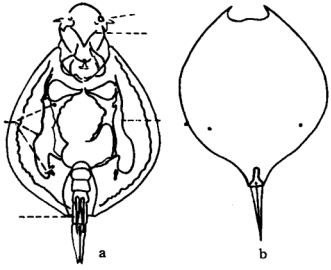


图 4-25 盘状鞍甲轮虫 *L. patella*
(a——腹面观；b——背面观)

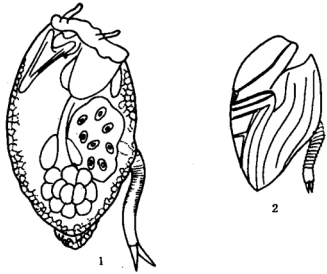


图 4-26 1. 郝氏皱甲轮虫 *P. hudsoni*；
2. 截头皱甲轮虫 *P. truncatus*

26(3) 无被甲。体表为一薄角质层，十分透明且可弯曲。在运动时，体型有很大变化；固定后不能保持原来形状。

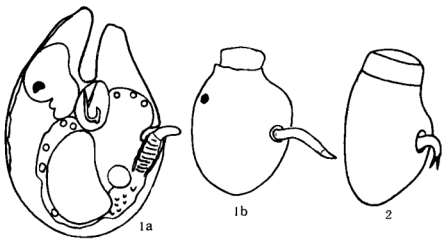


图 4-27　1. 柱足腹尾轮虫 *G. stylifer*(a——侧面观;b——伸出的足);
2. 腹足腹尾轮虫 *G. hyptopus*(侧面观,示足)

27(28) 身体和足能蠕动。头冠有 2 个纤毛环。伸展的足长或很长,且具 3 个趾,2 个距 …… 轮虫属 *Rotaria*(图 4-29)

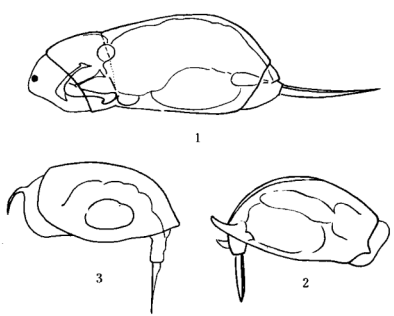


图 4-28　1. 凸背巨头轮虫 *C. gibba*(侧面观);　2. 腹棘管轮虫 *M. ventralis*
(侧面观);　3. 爱德里亚狭甲轮虫 *C. adriatica*(侧面观)

28(27) 身体和足不能蠕动。头冠无 2 个纤毛环。足短或中等长,2 个趾,无距。

29(30) 头部背面具一鼻状突起物。头部具粗壮的棘毛或刚毛,同时这些棘毛或刚毛可伸展到 V 字型的口漏斗中 … 犀轮虫属 *Rhinoglena*(图 4-30)

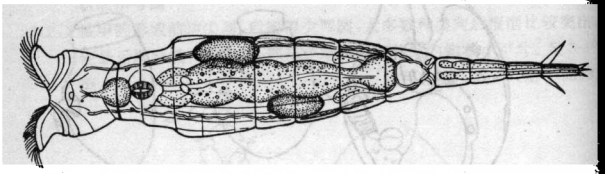


图 4-29　转轮虫 *R. rotatoria*(背面观)

30(29) 头部和头冠不如上述。

31(32) 无后肠和肛门,体呈囊状。足在腹面,短小……

…… 囊足轮虫 *Asplanchnopus*(图 4-31)

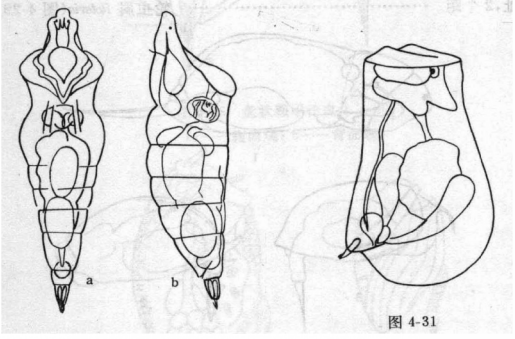


图 4-30　前额犀轮虫 *R. frontalis*
(a——腹面观,b——侧面观)

图 4-31
多突囊足轮虫 *A. multiceps*
(侧面观)

32(31) 有后肠和肛门。足在后端。

33(34) 头部两侧具 2 个耳状突出物,头冠具 4 根粗的感觉刚毛 ……

…… …疣毛轮属 *Synchaeta*(图 4-60—4-61)

34(33) 头部无耳状突出物。

35(36) 咀嚼器槌型,咀嚼用 …… 水轮属 *Epiphanes*(图 4-32,1

(35) 咀嚼器砧型，刺吸用 …… 哈林轮属 *Harringia*(图 4-32,2)

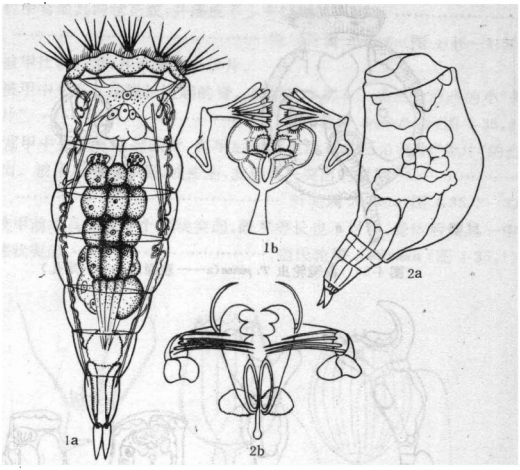


图 4-32 1. 锥尾水轮虫 *E. senta*(a——整体；b——槌型咀嚼器)；
2. 真足哈林轮虫 *H. eupoda*(a——整体；b——砧型咀嚼器)

(2) 足无趾。

(39) 体表角质层厚或形成坚硬的壳或被甲。背、腹极扁，体呈圆形或卵圆形，足孔在腹面 …… 镜轮虫属 *Testudinella*(图 4-33)

(38) 角质层薄且可弯曲。一般有一透明的胶囊，或部分包裹或全部包裹。单体或可形成球状群体。

(41) 头部呈漏斗形，中间为口。头冠边缘具 1—7 个裂片。头冠纤毛一般为 1 排，裂片上纤毛一般较长。足长而细弱，柄状，有或无吸盘。胶囊常很透明且很大 …… 胶鞘轮属 *Collotheca*(图 4-34,1—2)

(40) 头部不呈漏斗状。头冠边缘无裂片，呈马蹄形。头冠纤毛 2 排。口位于头冠中间腹面，足较粗壮无吸盘。单个个体或形成球状群体 …… … 聚花轮属 *Conochilus*(图 4-34,3—4)(拟聚花轮虫属并入聚花轮属)

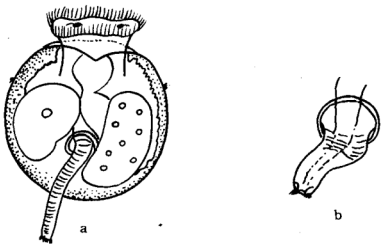


图 4-33　盘镜轮虫 *T. patina*(a——腹面观;b——足孔)

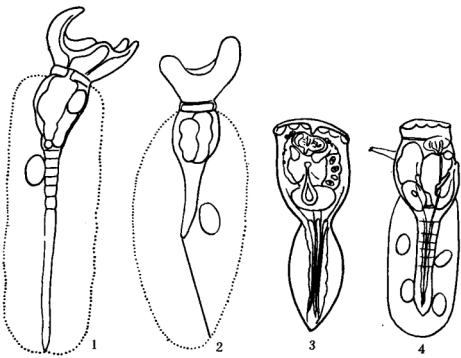


图 4-34　1. 多态胶鞘轮虫 *C. ambigua*;　2. 无常胶鞘轮虫 *C. mutabilis*;
3. 独角聚花轮虫 *C. unicornis*;　4. 义角聚花轮虫 *C. dossuarius*

42(1) 无足。

43(56) 身体具刺或具针样或肢样突出物。

44(51) 角质层形成坚硬的壳或被甲,虽能弯曲但在运动或固定后尚能保持一定的形状,被甲上常装饰有脊或条纹。

45(50) 被甲前端具 6 个对称棘状突起，有或没有后棘状突起。

46(47) 被甲背面具网状花纹，并隔成不少有规则的小块片 …… 龟甲轮属 *Keratella*(图 4-46—4-50)

47(46) 被甲比较光滑，并不隔成小块片。

48(49) 被甲中央有 1 条纵长隆起的脊。腹甲后半部有一尖三角形凸的小"骨片" …… 帆叶轮属 *Argonotholca*(图 4-35,4)

49(48) 背甲中央没有隆起的脊，腹甲后半部也没有尖三角状小"骨片"的凸出。被甲后端或浑圆，或瘦削，或形成一突出的短柄 …… 叶轮属 *Notholca*(图 4-35,2—3)

50(45) 被甲前端具 4 或 6 个棘状突起，既不等长也不对称，身体后端具一中棘状突起 …… 盖氏轮属 *Kellicottica* (图 4-35,1)

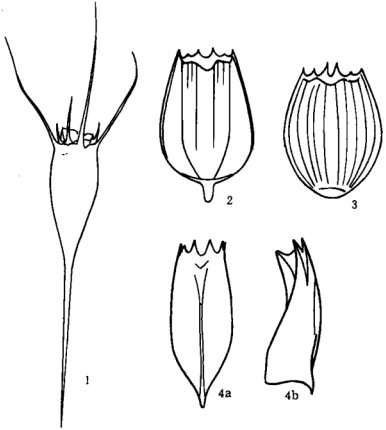


图 4-35 1. 长刺盖氏轮虫 *K. longispina*(背面观)；2. 唇形叶轮虫 *N. labis*(腹面观)；3. 鳞状叶轮虫 *N. squamula*(腹面观)；4. 叶状帆叶轮虫 *A. foliacea*(a——背面观；b——侧面观)

51(44) 角质层薄，十分透明，身体易弯曲，但固定或死亡后仍能保持一定的形状。

52(53) 身体具 3 条长或短能动的棘或刚毛，2 条在前端，1 条在后端……
……三肢轮属 *Filinia*（图 4-57—4-58）

53(52) 身体具 12 条羽状（或剑状）刚毛，或具 6 个比较粗壮的腕状附肢，附肢末端具发达的羽状刚毛。

54(55) 身体具 12 条羽状（或剑状）刚毛，分 4 束，每束 3 条，背侧和腹面各 2 束…… 多肢轮属 *Polyarthra*（图 4-62—4-63）

55(54) 身体具 6 个比较粗壮的附肢，末端具发达的羽状刚毛 ……
…… 六腕轮属 *Hexarthra*①（图 4-36）

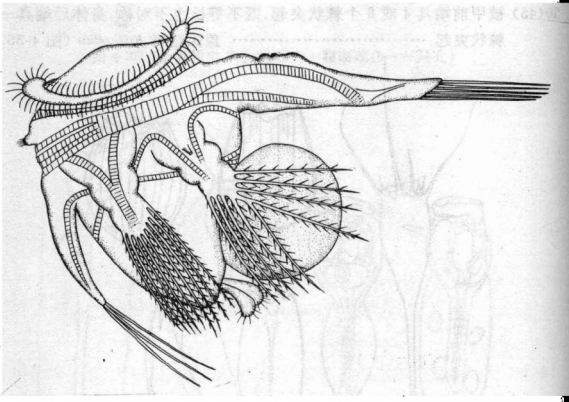


图 4-36 奇异六腕轮虫 *H. mira*（侧面观）

56(43) 身体无刺，亦无针样或肢样突出物。

57(58) 无肠和肛门，胃不扩张亦无“污秽胞”。体大、透明如灯泡。卵胎生…
…… 晶囊轮属 *Asplanchna*（图 4-55—4-56）

58(57) 有肠和肛门。

59(60) 胃大，充满了体腔，常具有明显绿色的内含物并有 1 到几个黑色“污秽

① 本属过去称为巨腕轮属（*Pedalia*）。

胞”…… 无柄轮虫属 *Ascomorpha*(图 4-54)

60(59) 胃不如上述,亦无“污秽胞”。

61(62) 被甲(即为增厚的几丁质)呈截锥形,身体末端皱褶,背腹愈合,带有大型泡状卵附在体之末端 …… 龟纹轮属 *Anuraeopsis*(图 4-37,1)

62(61) 被甲卵圆形或盾形,背腹扁平。横切面有 4 个裂片,常有圆形卵附在泄殖孔上(不是足孔) …… 泡轮虫属 *Pompholyx*(图 4-37,2—3)

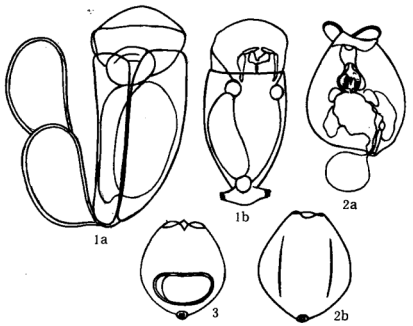


图 4-37 1. 裂痕龟纹轮虫 *A. fissa*(a——侧面观;b——腹面观示卵托);2. 沟痕泡轮虫 *P. sulcata*(a——斜面观;b——侧面观);3. 扁平泡轮虫 *P. complanta*(背面观)

(二) 常见属的分种检索

1. 臂尾轮属 *Brachionus*

本属中许多种类是各种水体中常见而往往又是优势种群。据报道本属目前已发现 34 种,我国已记载的 10 多种,常见的不到 10 种。

1(10) 被甲前端的棘刺少于 3 对或 6 个。

2(9) 被甲前端具 2 对突出的棘刺,后端有时也具后棘刺。

3(6) 被甲后端无后中棘刺。

4(5) 被甲前端2对棘刺，总是中央1对较长，或者2对几乎同样长短。有时被甲后端有后棘刺 …… 萼花臂尾轮虫 *B. calyciflorus*(图 4-39)

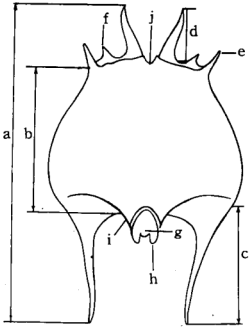


图 4-38 方形臂尾轮虫被甲模式图

a——全长；b——体长；c——后棘刺；d——前中棘刺；e——前侧棘刺；f——前次中棘刺；g——足孔；h——后中棘刺；i——足管；j——被甲腹缘

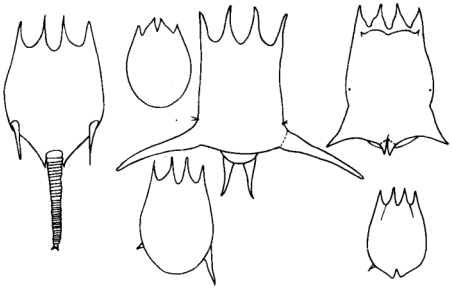


图 4-39 不同形态的萼花臂尾轮虫 *B. calyciflorus*

5(4) 被甲前端2对棘刺总是侧面的2个较长。被甲后端1对后棘刺粗壮 …… 剪形臂尾轮虫 *B. forficula*(图 4-40)

6(3) 被甲后端具 1 对后中棘刺。

7(8) 被甲后端尖削，后中棘刺不对称，一般右侧远长于左侧。足后端约 1/3 处裂开呈叉形 …… 裂足臂尾轮虫 *B. diversicornis*①(图 4-41)

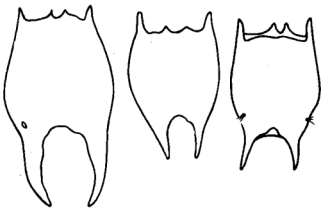


图 4-40 不同形态的剪形臂尾轮虫 *B. forficula*

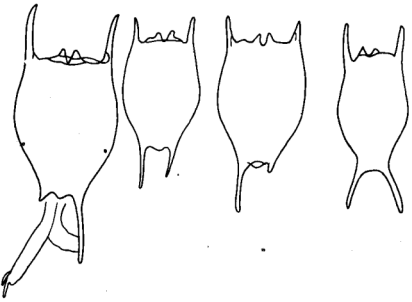


图 4-41 不同形态的裂足臂尾轮虫 *B. diversicornis*

8(7) 被甲后端略尖削，后中棘刺对称，呈圆规状，被甲前端通常有 1 对棘刺，偶尔也有 2—3 对 …… 尾突臂尾轮虫 *B. caudatus*(图 4-42)

9(2) 被甲前端只有 1 对较突出的棘刺 ……

① 裂足轮虫过去独立一属，现并入臂尾轮属。

…… 角突臂尾轮虫 *B. angularis*①(图 4-43)

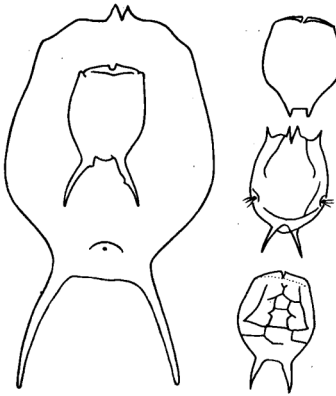


图 4-42
不同形态的尾突臂尾轮虫 *B. caudatus*

图 4-43
不同形态的角突臂尾轮虫
B. angularis

10(1) 被甲前端具 3 对或 6 个棘刺。
11(16) 前端 3 对棘刺的长短相差不大,或者中央 1 对总是比较长一些。
12(13) 足孔位于一个显著的管状突出上面,后棘刺有或无,长或短……
…… 方形臂尾轮虫 *B. quadridentatus*②(图 4-38)
13(12) 足孔开口之处,不具备管状突出。
14(15) 被甲具基板、背板和腹板。背板一般有皱褶和花纹,足孔有 3 个钝齿
…… 矩形臂尾轮虫 *B. leydigi*(图 4-44,1)
15(14) 无基板。被甲后端浑圆,无棘刺 ……
…… 壶状臂尾轮虫 *B. urceus*③(图 4-45)
16(11) 被甲前端的 3 对棘刺,中央和侧边之间的 1 对非常长而发达 ……

① 本种过去与尾突臂尾轮虫混淆。
② 本种过去称为花荚臂尾轮虫(*B. capsuliflorus*)。
③ 有人根据前棘刺是否对称和眼点形状把 *B. urceus* 分成为 *B. urceolaris*(图 4-45, a)和 *B. rubens*(图 4-45,b) 2 种。

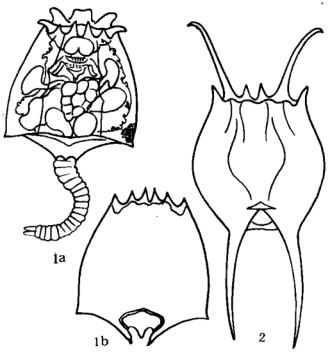


图4-44 1. 矩形臂尾轮虫 *B. leydigi*
(a——背面观；b——腹面观)；
2. 镰形臂尾轮虫 *B. falcatus*
(腹面观)

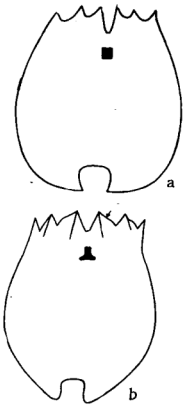


图 4-45 壶状臂尾轮虫 *B. urceus*
↓肩(腹面观)
(a——壶状臂尾轮虫；
b——红臂尾轮虫)

2. 龟甲轮属 *Keratella*

据统计本属有 12 种和 13 个变种。许多龟甲轮虫是各种水体中的常见种。

1(2) 被甲背面中间很显著隆起，而有 1 条线条状的凸出。被甲后端通常具 1 后棘刺，可长、可短、甚至缺乏 …… 螺形龟甲轮虫 *K. cochlearis*(图 4-46)

2(1) 被甲中间为 1 排龟板(中龟板)。

3(4) 中龟板之末端为 1 中线。被甲上布满短齿。后棘刺相等或不等，也可能很短，甚至缺乏 …… 锯齿龟甲轮虫 *K. serrulata*(图 4-47)

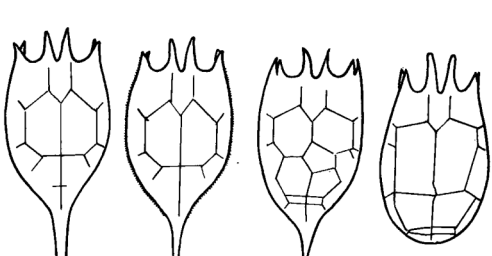


图 4-46　不同形状形态的螺形龟甲轮虫 *K. cochlearis*

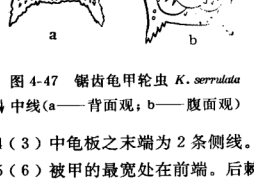


图 4-47　锯齿龟甲轮虫 *K. serrulata*
↓中线(a——背面观；b——腹面观)

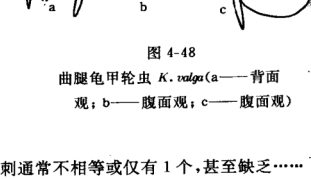


图 4-48
曲腿龟甲轮虫 *K. valga*(a——背面观；b——腹面观；c——腹面观)

4(3)中龟板之末端为2条侧线。

5(6)被甲的最宽处在前端。后棘刺通常不相等或仅有1个，甚至缺乏……
…… 曲腿龟甲轮虫 *K. valga*(图 4-48)

6(5)被甲最宽处不在前端。

7(8) 背甲中间 1 排龟板(中龟板),有 3 个完全封闭,被甲后端具小缘龟板。无后棘刺 …… 缘板龟甲轮虫 *K. ticinensis*(图 4-49,1)

8(7) 中龟板只有 2 个完全封闭。

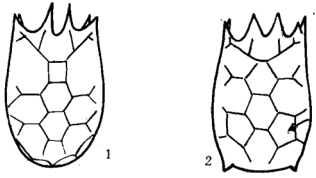


图 4-49 1. 缘板龟甲轮虫 *K. ticinensis*; 2. 龟形龟甲轮虫 *K. testudo*(↓完全封闭的侧龟板)

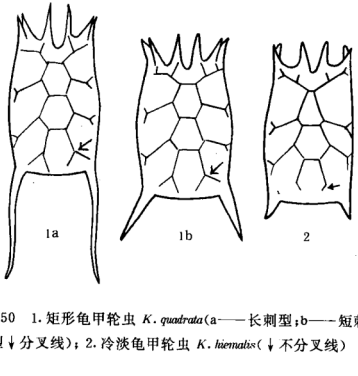


图 4-50 1. 矩形龟甲轮虫 *K. quadrata*(a——长刺型;b——短刺型↓分叉线); 2. 冷淡龟甲轮虫 *K. hiemalis*(↓不分叉线)

9(10) 被甲两侧的 2 排侧龟板,每边有 1 个完全封闭。被甲宽,长不到宽的 2 倍。后棘刺短而粗壮,一般为 2 个,很少为 1 个或没有 …… …… 龟形龟甲轮虫 *K. testudo*(图 4-49,2)

10(9) 侧龟板不完全封闭，被甲的长度约为宽度的2倍。

11(12) 前端完全封闭的中龟板或多或少呈六角形，龟板末端具分叉线。后棘刺一般较长，有时也较短，等长或不等长，甚至只有1个 …… 矩形龟甲轮虫 *K. quadrata*(图 4-50,1)

12(11) 前端完全封闭的中龟板或多或少呈三角形，中龟板末端也不具分叉线 …… 冷淡龟甲轮虫 *K. hiemalis*(图 4-50,2)

3. 异尾轮属 *Trichocerca*

本属过去分成为同尾轮虫（*Diurella*）和异尾轮虫（*Trichocera*）二属，但是不少学者发现有许多中间类型很难确定为同尾轮虫还是异尾轮虫，本书根据大多数学者意见把同尾轮虫和异尾轮虫合并为异尾轮虫属。本属种类很多，常见种的检索表为：

1 (12) 体长而细，圆柱形或纺锤形。体长与体宽之比约为 3∶1。

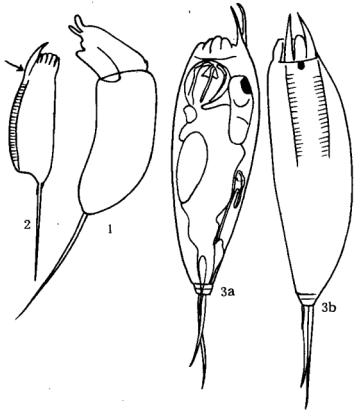


图 4-51 1. 刺盖异尾轮虫 *T. capucina*； 2. 圆筒异尾轮虫 *T. cylindrica*（↓甲鞘）； 3. 等刺异尾轮虫 *T. similis*(a——侧面观；b——背面观)

2(3) 被甲前端具1头盔样突出物，无龙骨。趾2个，不相等且交叉在一起 …… 刺盖异尾轮虫 *T. capucina*(图 4-51,1)

3(2) 被甲前端无头盔样突出物。

7（8）趾 2 个相等或基本相等，相互交叉，趾长约为体长的 1/3。无隆脊，但具横纹区。有附趾，足 1 节。头冠具 2 个乳突 …… 等刺异尾轮虫 *T. similis*（图 4-51,3）

8（7）趾 2 个不相等。左趾约为体长的 1/2 以上。右趾极短或缺乏，有附趾。被甲具横纹区和 2 个甲鞘。被甲前端 2 个刺不等长 …… 长刺异尾轮虫 *T. longiseta*（图 4-52,1）

9（4）被甲前端无刺。

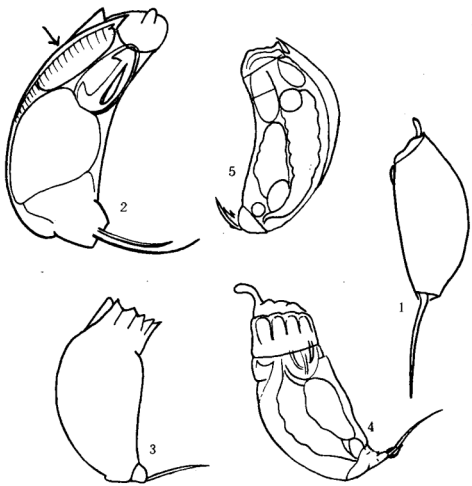


图 4-53　1. 暗小异尾轮虫 *T. pusilla*；　2. 瓷甲异尾轮虫 *T. porcellus*（↓甲鞘）；　3. 罗氏异尾轮虫 *T. rousseleti*；　4. 田奈异尾轮虫 *T. dixon-nuttalli*；　5. 韦氏异尾轮虫 *T. weberi*

10(11) 被甲前端具 2 个低的隆脊，中间为 1 宽的沟床。趾 2 个不相等，左趾长为体长的 1/2 到与体长相等；右趾少于体长的 1/5，不足左趾的 1/2，有附趾 …… 纵长异尾轮虫 *T. elongata*(图 4-52,2)

11(10) 体形与纵长异尾轮虫极相似。被甲具高的隆脊，从前端延伸到它的1/3后端为止 …… 二突异尾轮虫 *T. bicristata*(图 4-52,3)

12(1) 身体短而粗壮，被甲背部突出或呈弧形。体长与体宽之比约为 2∶1。

13(14) 趾一般为 1 个。左趾长，约为体长的 1/2 或更多，基部略弯；右趾高度退化或缺失，有 1 或 2 个附趾。无隆脊或横纹区 …… 暗小异尾轮虫 *T. pusilla*(图 4-53,1)

14(13) 趾 2 个，相等或不相等。

15(18) 趾 2 个，相等或基本相等。

16(17) 有隆脊和横纹区，被甲前端宽阔，背面具 2 个粗齿 …… 瓷甲异尾轮虫 *T. porcellus*(图 4-53,2)

17(16) 无隆脊，但有横纹区，被甲前端宽阔，具 8—9 个粗齿，体长为趾长的 2 倍以上 …… 罗氏异尾轮虫 *T. rousseleti*(图 4-53,3)

18(15) 趾 2 个，不相等。

19(20) 左趾的长度为右趾的 3 倍，约为体长的 1/3，无隆脊 …… 田奈异尾轮虫 *T. dixon-nuttalli*(图 4-53,4)

20(19) 左趾略长于右趾，约为体长的 1/4—1/3，有 3—4 个附趾 …… 韦氏异尾轮虫 *T. weberi*(图 4-53,5)

4. 无柄轮属 *Ascomorpha*

本属过去分为彩胃轮属（*Chromogaster*）和无柄轮属（*Ascomorpha*）。目前大多数学者已把这二属合并为无柄轮属。同时把卵形彩胃轮虫（*C. ovalis*）和弧形彩胃轮虫（*C. testudo*）合并为卵形无柄轮虫（*A. ovalis*），而把团藻无柄轮虫（*A. volvocicola*）归属异尾轮科中的 *Ascomorphella* 属。

常见种的检索表为：

1(4) 在盘顶区具触角器。

2(3) 触角器呈指状，并向背面弯曲。体呈卵圆形，体内有 1 大而黑色的食物胞 …… 舞跃无柄轮虫 *A. saltans*(图 4-54,2)

3(2) 触角器呈镰刀状，扁平体内具 4 个或多个食物胞 ……

…… 卵形无柄轮虫 *A. ovalis*(图 4-54,1)

4(1) 在盘顶区无触角器,体内有 4 个食物胞 ……

…… 没尾无柄轮虫 *A. ecaudis*(图 4-54,3)

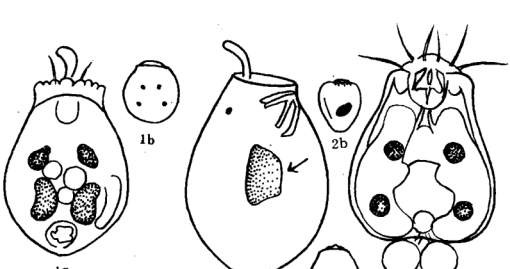


图 4-54

1. 卵形无柄轮虫 *A. ovalis*(a——背面观;b——收缩状);
2. 舞跃无柄轮虫 *A. saltans*(a——背面观;b——收缩状);
3. 没尾无柄轮虫 *A. ecaudis*(a——背面观;b——收缩状)

5. 晶囊轮属 *Asplanchna*

据报道本属已描述的有 8 种,分为二大类:一类卵黄腺为球形,亦可称为晶囊轮亚属 *Asplanchna*;另一类卵黄腺马蹄形,称为凝晶囊轮亚属 *Asplanchnella*。本属是大型肉食性种类,特别是一些富营养型水体中数量很多。

1(2) 卵巢和卵黄腺呈圆球形。砧枝内侧边缘总是具 4—16 个参差不齐的锯齿 …… 前节晶囊轮虫 *A. priodonta*(图 4-55,1)

2(1) 卵巢和卵黄腺呈带形,或多或少作马蹄形的弯曲。砧枝内侧边缘或完全光滑而无齿,或在中部伸出 1 大齿,并无锯齿。

3(4) 砧枝内侧边缘完全光滑而无齿 …… 盖氏晶囊轮虫 *A. girodi*(图 4-55,2)

4(3) 砧枝内侧边缘具有 1 从中部伸出的大齿。

(6) 身体两侧和腹面并无瘤状或翼状的突出物……
…… 卜氏晶囊轮虫 *A. brightwelli*(图 4-56,1)

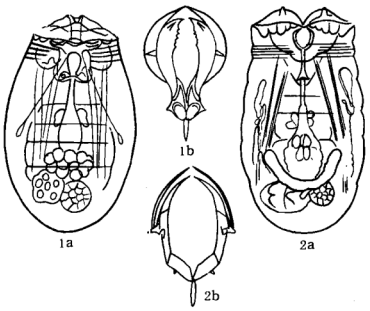


图 4-55 1. 前节晶囊轮虫 *A. priodonta*(a——整体;b——咀嚼器);
2. 盖氏晶囊轮虫 *A. gircdi*(a——整体;b——咀嚼器)

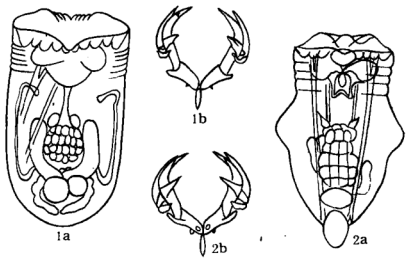


图 4-56 1. 卜氏晶囊轮虫 *A. brightwelli*(a——整体;b——咀嚼器);
2. 西氏晶囊轮虫 *A. sieboldi*(a——整体;b——咀嚼器)

6(5) 身体两侧和背腹面有瘤状或翼状的突出物 …… 西氏晶囊轮虫 *A. sieboldi*(图 4-56,2)

6. 三肢轮属 *Filinia*

本属已发现 15 种左右,是许多淡水水体中常见而优势的种类。

1(10) 身体前后端共着生 3 根比较细而长的附肢。

2(7) 2 根能动的前肢的长度远远超过体长。

3(4) 1 根不能动的后肢自身体末端或距末端 10 微米内发出,前后肢的长度基本相等 …… 顶生三肢轮虫 *F. terminalis*(图 4-57,1)
(亦称较大三肢轮虫 *F. major*)

4(3) 后肢从腹面或距末端 15 微米或更远处射出。

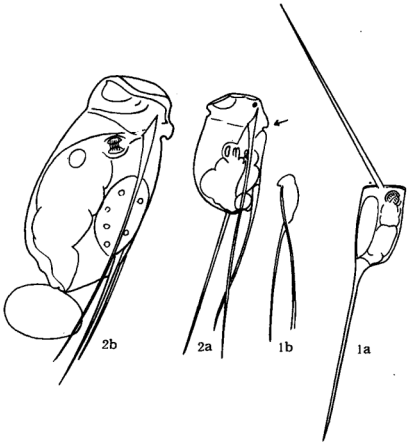


图 4-57 1. 顶生三肢轮虫 *F. terminalis*(a——成体;b——幼体);
2. 跃进三肢轮虫 *F. passa*(a——幼体,↓喙;b——成体)

5(6) 下唇突出成吻或喙状。前肢决不超过体长的 2 倍 ……
…… 跃进三肢轮虫 *F. passa*(图 4-57,2)

6(5) 下唇无突出物。前肢较长,约为体长的 2 倍或 2 倍以上 ……
…… 长三肢轮虫 *F. longiseta*(图 4-58)

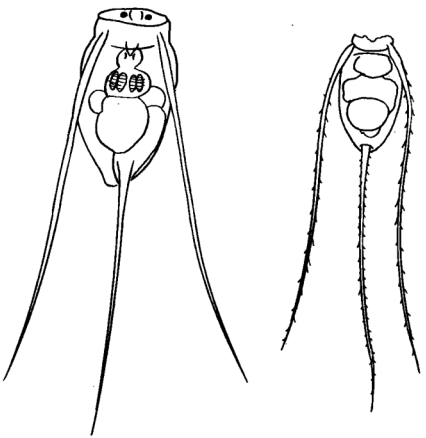


图 4-58 不同形态的长三肢轮虫 *F. longiseta*

7(2) 2 根能动的前肢的长度略长于体长或与体长相等或短于体长。

8(9) 后肢从腹面或距身体末端 15 微米或更远处射出。下唇突出呈吻状或喙状,肢体基部膨大 …… 臂三肢轮虫 *F. brachiata*(图 4-59,1)

9(8) 后肢从身体末端或距末端 10 微米内射出。下唇突出很小或根本没有。前后肢长度基本相等,约为体长的 1/2 ……
…… 角三肢轮虫 *F. cornuta*(图 4-59,2)

10(1) 身体前后端共着生附肢 4 根。

11(12) 4 根肢体较身体为短,且基本相等 ……
…… 小三肢轮虫 *F. minuta*(图 4-59,3)

12(11) 4 根附肢不等长。后肢 2 根,一长一短 ……

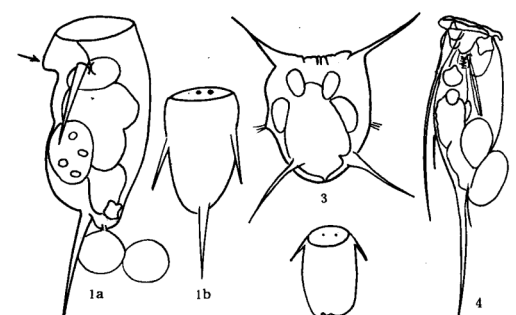


图 4-59 1. 臂三肢轮虫 *F. brachiata*(a——侧面观,↓喙状突;b——腹面观);2. 角三肢轮虫 *F. cornuta*;3. 小三肢轮虫 *F. minuta*;4. 脾状三肢轮虫 *F. opoliensis*

7. 疣毛轮属 *Synchaeta*

据报道本属已描述的有 30 种左右,但由于鉴定方面存在的问题,许多种是不可靠的。本属的许多种类生活在海水中。淡水中常见种的检索表为:

1(10) 侧触手 1 对自躯干后半部两旁射出。体呈钟形或卵圆形。头冠显著地向上隆起而突出;两侧突出的耳总是或多或少向后倒挂。

2(7) 足较长,长约为宽的 2 倍以上。

3(4) 体呈细锥形,在中间略收缩,头部凸出 ……

…… 细长疣毛轮虫 *S. grandis*(图 4-60,1)

4(3) 体呈铃形,中间不收缩。

① 本种过去称为脾状四肢轮虫(*Tetramastix opoliensis*),是夏季浮游性种类,我国南方各省的水体中较多。

(6) 足与躯干部的分界线明显 …… 长足疣毛轮虫 *S. longipes*(图 4-60,2)
(5) 足与躯干的分界不甚明确…… 尖尾疣毛轮虫 *S. stylata*(图 4-61,1)

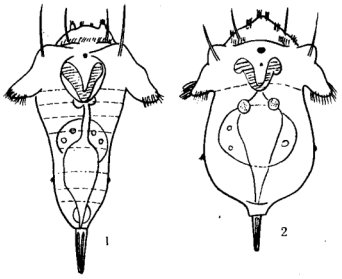


图 4-60 1. 细长疣毛轮虫 *S. grandis*(背面观);
2. 长足疣毛轮虫 *S. longipes*(背面观)

7(2) 足短,长不及宽的 2 倍。
8(9) 头冠上有 2 个着生刚毛的盘顶触手,体呈倒钟形 ……
…… 梳状疣毛轮虫 *S. pectinata*(图 4-61,2)
9(8) 头冠上无盘顶触手 …… 长圆疣毛轮虫 *S. oblonga*(图 4-61,3)
10(1) 侧触手 1 对,自躯干部的最后端两旁射出,头冠平直或接近平直;两侧的耳状突出物不会向后倒…… 颤动疣毛轮虫 *S. tremula*(图 4-61,4)

8. 多肢轮属 *Polyarthra*

据初步统计本属已发现了10多种。在鉴定种类时,对附肢的宽度,应在自然状态下用目测微尺测量;是否有腹鳍(ventralfinlets)亦需进行观察。

$$K_1=\frac{\text{附肢的长度}}{\text{体长}}\times 100\% \qquad K_2=\frac{\text{附肢的宽度}}{\text{附肢的长度}}\times 100\%$$

1(6) 身体两侧的 12 条附肢,都呈比较宽阔的羽状,最大宽度可达 60 微米。

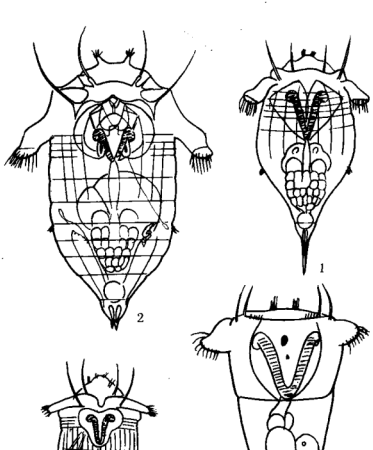


图 4-61　1. 尖尾疣毛轮虫 *S. stylata*(背面观)；　2. 梳状疣毛轮虫 *S. pectinata*(背面观)；　3. 长圆疣毛轮虫 *S. oblonga*(背面观)；　4. 颤动疣轮虫 *S. tremula*(背面观，↓侧触手)

2(3) 附肢的宽度在 30—60 微米之间。$K_1<100\%$，$K_2>20\%$。无腹鳍。卵黄腺核有 12 个 …… 真翅多肢轮虫 *P. eurypterа*(图 4-62,1)

3(2) 附肢的宽小于 30 微米，$K_1\leqslant100\%$，$K_2<20\%$。卵黄腺卵有 8 个。

4(5) 附肢的宽度约 20—30 微米，$K_1<100\%$。无腹鳍 …… 较大多肢轮虫 *P. major*(图 4-62,2)

5(4) 附肢的宽度约 8—20 微米，$70\%<K_1<120\%$。有腹鳍 …… 广布多肢轮虫 *P. vulgaris*(图 4-62,3)

6(1) 身体两侧的 12 条附肢，都呈比较细长的剑形。

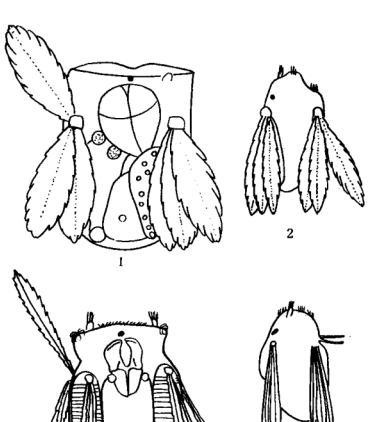


图 4-62　1. 真翅多肢轮虫 *P. eurypterа*(背面观)；
2. 较大多肢轮虫 *P. major*(侧面观)；　3. 广布多肢轮虫
P. vulgaris(a——腹面观；b——侧面观，示腹鳍)

7(8) 有腹鳍。卵黄腺核 8 个，120%＜K_1＜170% …… 长肢多肢轮虫 *P. dolichoptera*①(图 4-63,1)

8(7) 无腹鳍，卵黄腺核 4 个。

9(10) 12 条附肢等长，K_1＜100%，附肢宽 7—8 微米。头冠部具微红色…… 红多肢轮虫 *P. remata*(图 4-63,2)

10(9) 12 条附肢不等长，左侧长于右侧 …… 小多肢轮虫 *P. minor*(图 4-63,3)

① 不少作者把广布多肢轮虫和长肢多肢轮虫合并为针簇多肢轮虫(*P. trigla*)。

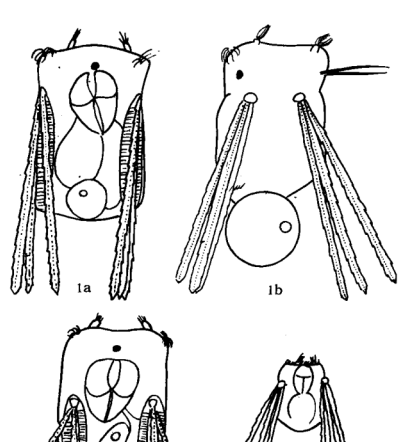


图 4-63　1. 长肢多肢轮虫 *P. dolichoptera*(a——腹面观;b——侧面观,示鳍);2. 红多肢轮虫 *P. remata*(背面观);3. 小多肢轮虫 *P. minor*(背面观)

第三节　枝　角　类

一、一 般 特 征

枝角类通称溞,俗称红虫,是一类小型甲壳动物,一般体长为 0.20—3.00 毫米。身体左右侧扁,分节不明显,具有 1 块由两片合成的甲壳包被于躯干部的两侧。头部有显著的黑色复眼,四周围有许多水晶体。第二触角十分发达,枝角状,为运动的主要器官,身

肢末端有一对尾爪。

（一）外　形

（1）头部　头部为身体的最前一节，侧面观呈半圆形，稍向下方弯曲，有时有颈沟。

头型因种而异。头部在复眼之前的部分，特称为额。额向下方延伸，形成鸟喙状突起，叫做吻。吻的有无、形状、大小是分类的重要根据之一。头顶一般圆弧形，但有些种类头顶突起或形成一小角，如平突船卵潘；或高耸如钢盔，名为头盔。头部左右两侧，在第二触角基部各有 1 或 2 条由头甲增厚形成的隆线，称为壳弧。它伸展到第二触角基部，其形状因不同种类而异。

绝大多数枝角类都有单眼和复眼。单眼很小，位于第一触角基部的附近。复眼由多数小眼组成，位于头的前端，通常比单眼发达。

第一触角位于吻的两侧，虽不甚发达，但性征却十分明显。雌潘的第一触角较小，基部与头部愈合，不能活动；雄潘较大，可以活动，末端往往有一根长刚毛。第二触角也称大触角，强大有力，一般为双肢型，由原肢生出外肢（背肢、上肢）与内肢（腹肢、下肢）。外肢与内肢节数较多，并有许多游泳刚毛，内外肢的节数以及游泳刚毛的多少与排列各属不同，通常以一定的序式表示。这种序式称做游泳刚毛式。如潘属的游泳刚毛式为（0—0—1—3）/（1—1—3），意即外肢有 4 节，第一、第二节均无刚毛，第三节有一根刚毛，第四节有 3 根游泳刚毛；内肢有 3 节，第一、第二节各一根，第三节 3 根。游泳刚毛的多少，显然还因科而不同。薄皮潘科多达 64 根，仙达潘科近 20 根。其余各科不超过 10 根。

（2）躯干部　躯干部由胸部与腹部合成。胸部有附肢，枝角类的甲壳由两瓣合成，包被了身体的头后部分。从侧面观呈圆形、卵圆形或近于方形。左右两瓣在背缘相互连接，中央的连接线有时增厚，形成隆脊。甲壳之内有 1 空腔，称为孵育囊，卵即在其中孵化。

枝角类腹部无附肢。腹部背侧有 1—4 个指状突起，称为腹突

或称为后体部突起。在腹突之后还有小节突，上着生一对司感觉的羽状刚毛，称为尾刚毛。腹部自着生尾毛的小节突起直到末端为止，这一部分称为后腹部。肛门开口于后腹部背缘或末端。后腹部有一对尾爪。尾爪弯曲，在其凹面上常有棘刺。其中较大的 1、2 个棘刺，位于尾爪基部，称为爪刺或基刺；而其余许多较小的棘刺则排列成一行，合称附栉或栉刺。除爪刺和附栉外，有些种类的尾爪上还有更小的棘刺或刚毛。靠近尾爪基部，后腹部背缘或左右两侧常有 1—2 行单独分布或成簇排列的小刺，称为肛刺。

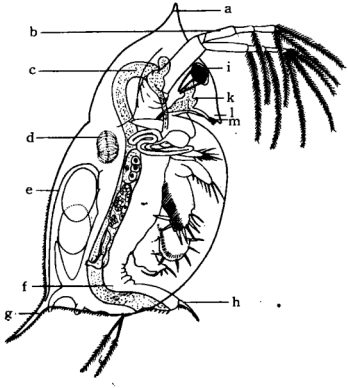


图 4-64　枝角类雌体模式图

a——头盔；b——第二触角；c——肠；d——心脏；e——孵育囊；f——后腹部；g——壳刺；h——尾爪；i——复眼；k——单眼；l——吻；m——第一触角

（二）内部构造

（1）消化系统　枝角类的消化系统由口、食道、中肠、直肠和肛门组成。中肠或称为胃，十分发达，除前端稍粗外，其余各部分几乎同样大小。至于形状，则随种类不同而异，有直的或呈

"3"或盘曲的。

(2) 生殖系统　枝角类雌雄异体。雌性生殖器官包括一对卵巢和一对输卵管;雄性生殖器官包括一对精巢和一对输精管。

(三) 发育和生长

枝角类的发育阶段可分为卵期、幼龄期、成熟期和成龄期四个。它们的发育时间随温度升高而缩短。枝角类的生长是不连续的,一般在脱皮后瞬间发生。据格林(Green,1956)观察,短钝溞(*Daphnia obtusa*)在脱皮后不到 10 秒钟,便由 1.30 毫米增加到 1.60 毫米。

枝角类和轮虫一样,进行孤雌生殖和有性生殖。在温度适宜、食料丰富的良好环境下,通常进行孤雌生殖行单性世代,在短时间

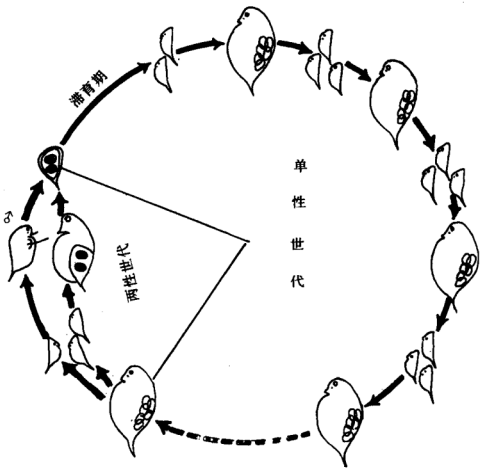


图 4-65　枝角类生活史模式图

内可达到很高种群密度。但当环境条件恶化，如食物缺乏，温度过高或过低等诱导因素下使单性生殖产生的卵有一部分发育成雄体；另一部分则变成两性生殖的雌体，行两性世代，它们交配受精形成厚壳的休眠卵，或称冬卵。这种卵的出现预示种群将消失。休眠卵具有很强的耐力，能够安然度过不良条件；待环境条件改善后再继续发育成孤雌生殖的雌体。

（四）生态与分布

枝角类中除极少数是肉食性种类外，绝大多数是滤食性种类，它们以水体中细菌、藻类、有机碎屑为食。一般认为它们有选择食物颗粒大小的能力而无区别食物优劣的本领。枝角类滤食颗粒大小范围在1—15微米，峰值为2—5微米之间。大多数枝角类是广温性种类，一般喜欢较高的温度。在pH值6.5—8.5之间均可生活，但对碱性水体更能适应。

枝角类绝大多数生活在淡水中；海洋里虽然也有，但种类稀少，数量不多。淡水水域中就江河而言，由于水经常流动、冲荡，产生大量无机悬浮物，引起滤食条件恶化，以致江河中枝角类的种类、数量都相当贫乏。水库往往兼备江河与湖泊的特性，上游与中游与江河相似，都较贫乏；而在下游区则与湖泊相似较为丰富。池塘水域，全部水底蔓生植物，其生活环境类似湖泊的沿岸带，因此池塘枝角类区系和湖泊沿岸带十分相似。枝角类主要栖息于湖泊中，尤其在水草丰富的沿岸带，种类特别丰富。在敞水区，虽种类不如沿岸带丰富，但数量却往往很多。枝角类常见的种类并不多，但数量很大，是鱼类的重要饵料，特别在草青鲢鳙鱼苗放养的中后期和鱼种培育阶段，是最重要的天然饵料。但在鱼苗下塘初期，枝角类的大量繁殖则害多利少，必须加以控制。

二、分　类

枝角类隶属于节肢动物门、甲壳动物纲、鳃足亚纲、双甲目。现行的甲壳动物分类学将鳃足亚纲划分为三个目：无甲目、背甲目以

及双甲目。双甲目又划分为贝甲亚目与枝角亚目。本书采用《中国动物志》节肢动物门甲壳纲淡水枝角类分类系统和附图。

（一）分属检索表

1（2）体长大，不侧扁；具 6 对近乎圆柱形的游泳足，其外肢完全退化；冬卵间接发育，先孵出后期无节幼体 …… 单足部 Haplopoda
仅一科一属一种 …… 透明薄皮溞 *Leptodora kindti*（图 4-66）

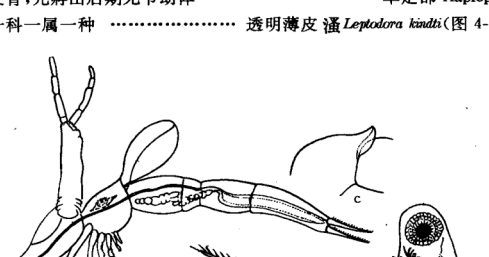


图 4-66 透明薄皮溞 *L. kindti*
a——整体；b——头部，示雄性第一触角；c——背盾

2（1）体较短，多少侧扁，具 5—6 对叶片状的胸肢或 4 对近似圆柱形的游泳肢，其外肢不退化，冬卵直接发育，不孵出后期无节幼体 ……
…… 真枝角部 Eucladocera

3（8）胸肢 6 对，同形，均呈叶片状 …… 仙达溞总科 Sidoidea

4（7）第二触角不论性别，均为双肢型，具游泳刚毛 15—20 根 ……
…… 仙达溞科 Sididae

5（6）第二触角外肢 3 节，内肢 2 节，有吻 …… 仙达溞属 *Sida*
壳瓣近长方形。后背角与后腹角都很明显。后腹角上有一小刺。头部大，额顶浑圆。头背侧有一吸附器。颈沟明显。肛刺 13—14 个。爪刺粗大 …… 晶莹仙达溞 *S. crystallina*（图 4-67）

6（5）第二触角外肢 2 节，内肢 3 节，后腹部无肛刺 ……

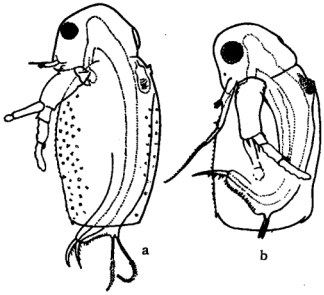


图 4-67　晶莹仙达溞 *S. crystallina*
a——整体，♀；b——整体，♂

…… 秀体溞属 *Diaphanosoma*（图 4-78）

7（4）第二触角雌溞单肢型，只具游泳刚毛 3 根；雄溞双肢型，共有游泳刚毛 5 根（我国尚未发现）…… 单肢溞科 Holopedidae

8（3）胸肢 5—6 对，前 2 对呈执握状，其余呈叶片状 ……

…… 盘肠溞总科 Chydoroidea

9（34）第二触角内、外肢均为 3 节；肠管盘曲，其后部大多有一个盲囊 ……

…… 盘肠溞科 Chydoridae

10（11）肛门位于后腹部末端；肠管前部有一对盲囊；后腹部背缘有一行锯状齿 …… 宽尾溞亚科 Eurycercinae（图 4-68）

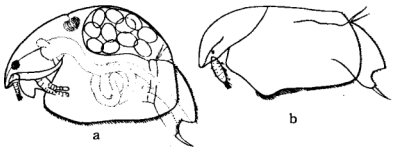


图 4-68　薄片宽尾溞 *E. lamellatus*
a——整体，♀；b——整体，♂

只有一属 …… 宽尾涵属 *Eurycercus* 薄片宽尾涵 *E. lamellatus*(图 4-68)

11(10) 肛门位于后腹部的背面;肠管前部无盲囊;后腹部背缘左右有 2 行棘刺。

12(25) 壳瓣后缘高,仅稍低于壳瓣的最高部位;尾爪基部只有一个爪刺(无爪刺的种类除外) …… 尖额涵亚科 Aloninae

13(18) 尾爪凹面的中央具附刺列。

14(17) 头部与背部均有隆脊。

15(16) 后腹部特别细长,末端尖削,有肛刺……

…… 弯尾涵属 *Camptocercus* 直额弯尾涵 *C. rectirostris*(图 4-69,1)

16(15) 后腹部较宽广,仅有刚毛簇,无肛刺。复眼远离头部背缘……

…… 顶冠涵属 *Acroperus* 镰形顶冠涵 *A. harpae*(图 4-69,2)

17(14) 只背部有隆脊。

18(13) 尾爪凹面的中央无附刺。

19(20) 吻宽,侧面观呈镰形 …… 笔纹涵属 *Graptoleberis*(图 4-69,3)

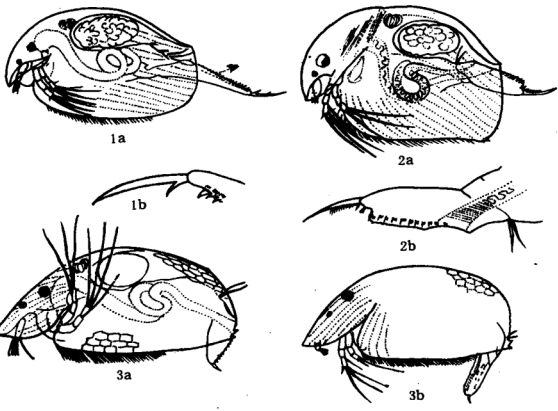


图 4-69 1. 直额弯尾涵 *C. rectirostris*(a——整体;b——后腹部,尾爪);2. 镰形顶冠涵 *A. harpae*(a——整体;b——后腹部);3. 龟状笔纹涵 *G. testudinaria*(a——雌体;b——雄体)

20(19) 吻不呈上述形式。

21(24) 后腹部特别宽大，近乎半圆形，具有许多簇发达的刺束，单眼大于复眼，或二者相似 …… 大尾潘属 *Leydigia*

22(23) 尾爪有基刺，单眼略大于复眼 …… 粗刺大尾潘 *L. leydigia*(图 4-70,1)

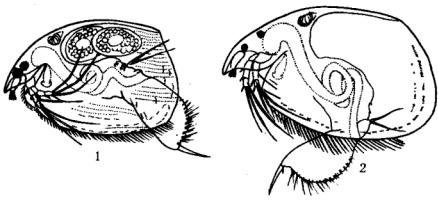


图 4-70 1. 粗刺大尾潘 *L. leydigia*；
2. 无刺大尾潘 *L. acanthocercoides*

23(22) 尾爪无基刺，单眼比复眼大一倍 …… 无刺大尾潘 *L. acanthocercoides*(图 4-70,2)

24(21) 后腹部不很宽，尾爪基部只有一个爪刺 …… 尖额潘属 *Alona*(图 4-90—4-92)

25(12) 壳瓣后缘低，通常达不到壳瓣最高部位的一半；尾爪基部大多有 2 个或 3 个爪刺。极少数为一个(鞭尾潘属) …… 盘肠潘亚科 Chydorinae

26(27) 单眼与复眼都特别大；第一触角本身显然突出于吻尖之外 …… 独特潘 *Dadaya*(图 4-71,1)

27(26) 单眼与复眼中等大小；第一触角本身较短，不会超过吻尖，只有末端的嗅毛突出于吻尖之外。

图 4-71 1. 大眼独特潘 *D. macrops*；2. 镰角锐额潘 *A. excisa*

28(31) 体狭长，体长显然大于壳高。

29(30) 吻短而钝 …… 锐额溞属 *Alonella*(图 4-71,2)

30(29) 吻长而尖，第二触角内外共有 8 根游泳刚毛；头甲向后延伸几乎达到壳瓣的中部 …… 平直溞属 *Pleuroxus*(图 4-93—4-94)

31(28) 体短，多少呈圆球形。

32(33) 后腹部短而宽 …… 盘肠溞属 *Chydorus*(图 4-72)
体长在 500 微米以下，肛刺多于 10 个为卵形盘肠溞；体长在 500 微米以上，肛刺 10 个以下，为圆形盘肠溞。

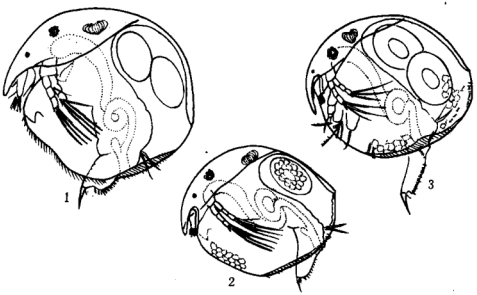


图 4-72 1. 卵形盘肠溞 *C. ovalis*；2. 圆形盘肠溞 *C. sphaericus*； 3. 球形伪盘肠溞 *P. globosus*

33(32) 后腹部长而狭 …… 伪盘肠溞属 *Pseudochydorus*

34(9) 第二触角外肢 4 节(除基合溞属 3 节外)内肢 3 节；肠管大多不盘曲，其后部无盲囊。

35(38) 第一触角呈吻状尖突，不能活动；嗅毛位于靠近第一触角基部的前侧 …… 象鼻溞科 Bosminidae

36(37) 第二触角外肢 4 节，内肢 3 节；第一触角基部不并合；无颈沟 …… …… 象鼻溞属 *Bosmina*(图 4-89)

37(36) 第二触角外肢和内肢均分三节，第一触角基部并合，具颈沟 …… …… 基合溞属 *Bosminopsis*(图 4-73)

38(35) 第一触角不呈吻状尖突；嗅毛位于它的末端。

39(48) 壳弧非常发达；雌溞第一触角短小，不能活动 …… 溞科 Daphniidae

图 4-73　颈沟基合溞 *B. deitersi*（a——整体，♀；b——整体，♂）

40(47) 有吻。

41(42) 壳瓣腹缘平直，后腹角有壳刺 …… 船卵溞属 *Scapholeberis*（图 4-74，1）

42(41) 壳瓣腹缘弧曲，后腹角浑圆。

43(44) 背面有脊棱；壳瓣后端有发达的壳刺 … 溞属 *Daphnia*（图 4-79—4-82）

44(43) 背面无脊棱；壳瓣后端不形成壳刺。

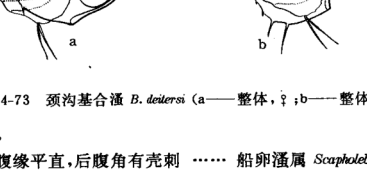


图 4-74　1. 平突船卵溞 *S. mucronata*；2. 西藏拟溞 *D. tibetana*

45(46) 后腹部宽阔，前后宽度几乎相等，背侧肛门处深凹，肛门前形成突起 …… 低额溞属 *Simocephalus*（图 4-83）

46(45) 后腹部狭长，向尾爪逐渐削尖，背侧无深凹，肛门前不形成突起…… …… 拟溞属 *Daphniopsis*（图 4-74,2）

47(40) 无吻 …… 网纹溞属 *Ceriodaphnia*

48(39) 壳弧不发达或缺少；雌雄两性的第一触角长而能动。

49(52) 后腹部上肛刺的周缘有羽状刚毛，最末一个肛刺分叉 …… …… 裸腹溞科 Moinidae

50(51) 头部高，近乎三角形；有单眼；颈沟浅；后腹部完全包藏于壳瓣内…… …… 拟裸腹溞 *Moinodaphnia*（图 4-75）

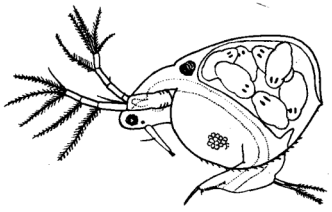


图 4-75 双态拟裸腹溞 *M. macleayii*

51(50) 头部低，不呈三角形；通常无单眼；颈沟深；后腹部露出于壳瓣之外… …… 裸腹溞属 *Moina*（图 4-86—4-88）

52(49) 后腹部上肛刺的周缘无羽状刚毛，最末一个肛刺不分叉 …… …… 粗毛溞科 Macrothricidae

53(56) 尾爪长度与第一触角几乎相等；并有长的爪刺 …… 泥溞属 *Ilyocryptus*

54(55) 肛门陷约位于尾爪基部和尾刚毛着生点的正中间…… …… 底栖泥溞 *I. sordidus*（图 4-76,1）

55(54) 肛门陷靠近尾刚毛着生点。两侧有肛刺 8—9 个 …… …… 活泼泥溞 *I. agilis*（图 4-76,2）

56(53) 尾爪长度比第一触角的一半还短；爪刺短小或缺如。第二触角游泳刚毛式：(0—0—1—3)/(1—1—3)，壳瓣不褶入腹腔…… …… 粗毛溞属 *Macrothrix*（图 4-77）

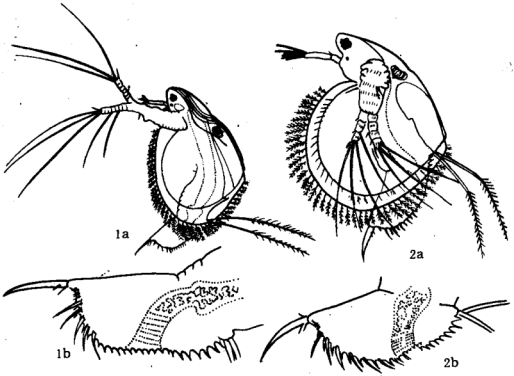


图 4-76　1. 底栖泥溞 *I. sordidus*(a——整体，♀；b——后腹部)；
2. 活泼泥溞 *I. agilis*(a——整体♀；b——后腹部)

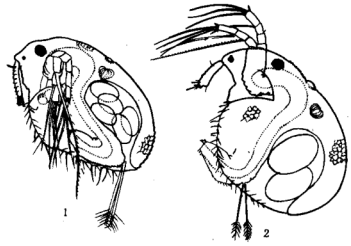


图 4-77　1. 粉红粗毛溞 *M. rosea*；2. 宽角粗毛溞 *M. laticornis*

(二) 常见属的分种检索

1. 秀体溞属 *Diaphanosoma*

本属壳瓣薄而透明。头部长大，额顶浑圆。无吻，也无单眼和

壳弧。有颈沟，无肛刺，爪刺 3 个。已发现 20 余种，分布广泛，是湖泊、水库、池塘中夏秋季的常见种类。我国已有 9 种。

1 (4) 壳瓣的腹缘没有褶片。

2 (3) 第二触角向后伸展时，外肢的末端达不到壳瓣的后缘 …… 短尾秀体潘 *D. brachyurum*(图 4-78,1)

3 (2) 第二触角向后伸展时，超过或达到壳瓣后缘 …… 长肢秀体潘 *D. leuchtenbergianum*(图 4-78,2)

4 (1) 壳瓣的腹缘具有褶片。

5 (6) 褶片后方壳缘上的棘齿为 15—23 个 …… 多刺秀体潘 *D. sarsi*(图 4-78,3)

6 (5) 褶片后方壳缘上的棘齿常在 10 个以下，不超过 13 个。

7 (8) 褶片长，棘齿较细而短…… 寡刺秀体潘 *D. paucisoinosum*(图 4-78,4)

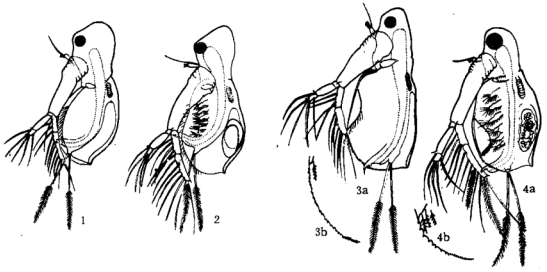


图 4-78 1. 短尾秀体潘 *D. brachyurum*；2. 长肢秀体潘 *D. leuchtenbergianum*；3. 多刺秀体潘 *D. sarsi*(a——整体；b——后腹缘)；4. 寡刺秀体潘 *D. paucisoinosum*(a——整体；b——后腹缘)

8 (7) 褶片短，棘齿粗而长 …… 镰角秀体潘 *D. excisum*

2. 潘属 *Daphnia*

体呈卵圆形或椭圆形，侧扁。壳瓣背面具有脊棱。后端延伸而成长的壳刺。本属因产地与季节的不同，变异类型十分丰富。各个

不同地区几乎都有不同的地方宗，而各地方宗又有其特殊的季节变异。由于地方宗及其季节变异往往研究得还不够清楚，因此在分类上存在着不少问题。本属所描述的种类超过 100 种，但其中鉴定无误的大约只有 30 来种，隶属于 2 个亚属。本属的许多种类不仅分布十分普遍，而且往往是优势种群。我国已发现的共计 2 亚属 10 种。常见种的检索表为：

1 (6) 头甲的背缝向前缩短，壳瓣背侧的脊棱伸进头甲；壳弧向外侧突得很出，呈角状，有时具刺；卵鞍近乎矩形，冬卵的长轴斜向平行卵鞍背面 …… 栉溞亚属 *Ctenodaphnia*

2 (3) 后腹部背侧向内凹陷很深，肛刺列显著地被凹陷分割为前后两部分；头顶浑圆无盔 …… 大型溞 *D. magna*(图 4-79)

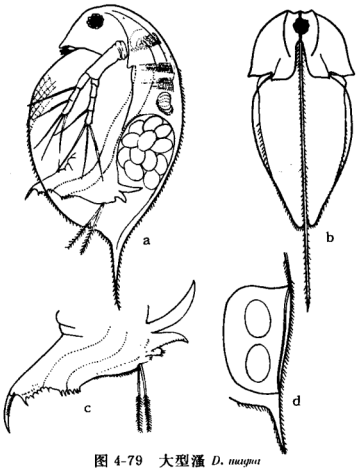


图 4-79 大型溞 *D. magna*

a——整体，侧面观；b——整体，背面观；c——后腹部；d——卵鞍

3 (2) 后腹部背侧无凹陷。

4 (5) 头部低；吻短而钝 …… 鹦鹉溞 *D. psittacea*(图 4-80,1)

5(4) 头部高；吻长而尖…… 隆线溞 *D. carinata*(图 4-80,2)

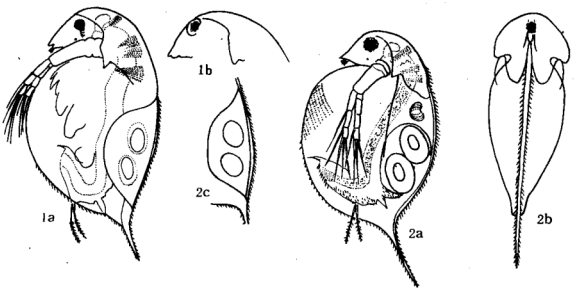


图 4-80 1. 鹦鹉溞 *D. psittacea*(a—整体；b——头部)；
2. 隆线溞 *D. carinata*(a——整体；b——背面观；c——卵鞍)

6(1) 头甲的背缝向后延伸，头甲伸进壳瓣背侧；壳弧较不凸出；卵鞍近乎三角形，冬卵的长轴垂直于卵鞍背面 …… 溞亚属 *Daphnia*

7(8) 尾爪凹面有栉状刺列，无头盔，壳刺在背中线下，壳弧发达，后端不弯曲呈锐角状 …… 蚤状溞 *D. pulex*(图 4-81,1)

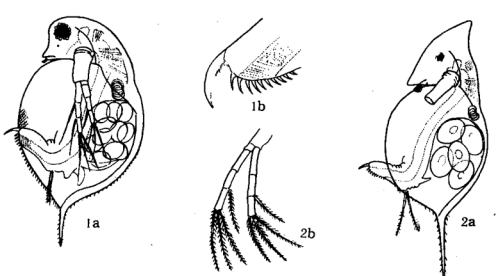


图 4-81 1. 蚤状溞 *D. pulex*(a——整体；b——后腹部)；
2. 小栉溞 *D. cristata*(a——整体；b——第二触角)

8(7) 尾爪凹面无栉状刺列。

9(10) 第二触角内肢的游泳刚毛总共只有 4 根……
…… 小栉溞 *D. cristata*(图 4-81,2)

10(9) 第二触角内肢的游泳刚毛总共有 5 根。

11(12) 吻短而钝,嗅毛末端超过吻尖;通常无单眼……
…… 僧帽溞 *D. cucullata*(图 4-82,1)

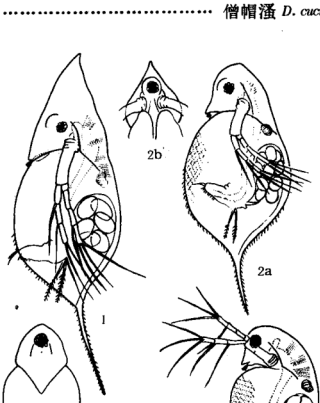


图 4-82 1. 僧帽溞 *D. cucullata*; 2. 透明溞 *D. hyalina*(a——整体;b——头部,背面观);3. 长刺溞 *D. longispina*(a——整体;b——背面观)

12(11) 吻长而尖,嗅毛束不超过吻尖。

13(14) 壳瓣背侧的脊棱不伸展到头部;季节变异不显著。夏季型无头盔…
…… 长刺溞 *D. longispina*(图 4-82,3)

14(13) 壳瓣背侧的脊棱伸展到头部;季节变异显著,夏季型有尖或钝的头盔
…… 透明溞 *D. hyalina*(图 4-82,2)

3. 低额溞属 *Simocephalus*

体大，卵圆形，前狭后宽。壳瓣背缘后半部大多带锯状小棘；腹缘内侧列生刚毛。无壳刺。头部小而低垂。有颈沟。有肛刺偏近尾爪。尾爪直。

1（2）额尖凸且有锯齿 …… 锯顶低额溞 *S. serrulatus*（图 4-83，1）

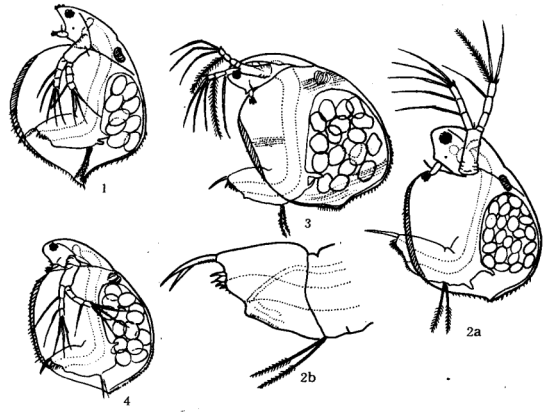


图 4-83 1. 锯顶低额溞 *S. serrulatus*；
2. 棘爪低额溞 *S. exspinosus*（a——整体，♀；b——后腹部）；
3. 拟老年低额溞 *S. vetuloides*；4. 老年低额溞 *S. vetulus*

2（1）额顶浑圆，无锯齿。

3（4）尾爪具栉刺，壳瓣背缘后半部具锯状小齿 ……
…… 棘爪低额溞 *S. exspinosus*（图 4-83，2）

4（3）尾爪无栉刺。

5（6）壳瓣背缘的后端部分向外凸出 ……
…… 拟老年低额溞 *S. vetuloides*（图 4-83，3）

6 (5) 壳瓣背缘的后端部分不向外凸出 …… 老年低额溞 *S. vetulus*(图 4-83,4)

4. 网纹溞属 *Ceriodaphnia*

体呈宽卵形或椭圆形。后背角明显向后尖凸。后腹角与前腹角均浑圆。壳瓣大多呈多角形的网纹。头部小,倾垂于腹侧。颈沟很深。无吻。复眼大,充满头顶。

1 (2) 壳瓣上有许多角状突起 …… 角壳网纹溞 *C. cornigera*(图 4—84,1)

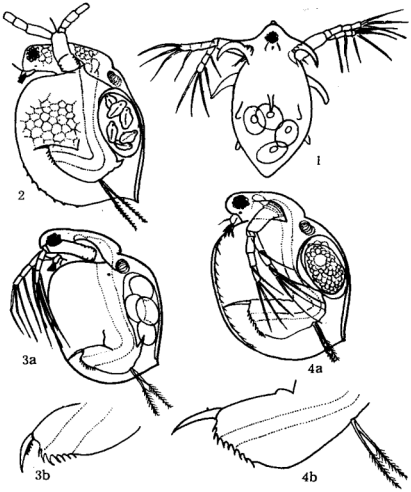


图 4-84 1. 角壳网纹溞 *C. cornigera*;2. 角突网纹溞 *C. cornuta*;3. 棘爪网纹溞 *C. reticulata*(a——整体;b——后腹部);4. 宽尾网纹溞 *C. laticaudata*(a——整体;b——后腹部)

2 (1) 壳瓣上无角状突起。

3(4) 在吻的部位有一尖的突起…… 角突网纹溞 *C. cornuta*(图 4-84,2)

4(3) 在吻的部位无一尖的突起。

5(6) 尾爪上具有栉刺 4—6 个 …… 棘爪网纹溞 *C. reticulata*(图 4-84,3)

6(5) 尾爪上无栉刺。

7(8) 后腹部中部宽阔 …… 宽尾网纹溞 *C. laticaudata*(图 4-84,4)

9(10) 壳瓣表面具棘 …… 棘体网纹溞 *C. setosa*(图 4-85,1)

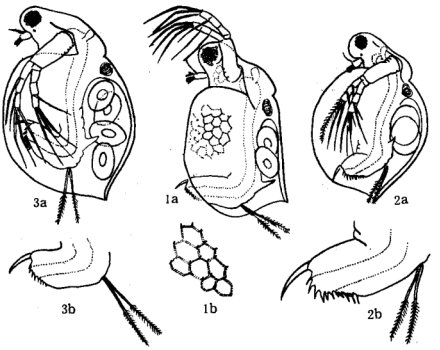


图 4-85 1. 棘体网纹溞 *C. setosa*(a——整体;b——壳瓣花纹交叉处有棘); 2. 美丽网纹溞 *C. pulchella*(a——整体; b——后腹部); 3. 方形网纹溞 *C. quadrangula*(a——整体;b——后腹部)

10(9) 壳瓣表面无棘。

11(12) 头腹面向外膨凸,靠近肛刺列的前部有 3—5 个侧刺…… …… 美丽网纹溞 *C. pulchella*(图 4-85,2)

12(11) 头腹面不向外膨凸,只有肛刺列,而无侧刺。壳弧无钩状突起…… …… 方形网纹溞 *C. quadrangula*(图 4-85,3)

5. 裸腹溞属 *Moina*

体浑圆。颈沟深。后背角稍外凸,无壳刺。头部大,无吻。复

眼大，无单眼，后腹部露出于壳瓣之外。后腹部最后一个肛刺特别大且分叉。

本属已报道的近 50 种，实际上许多是同物异名。古尔登(Goulden，1968)曾对本属进行了全面的研究，从而合并为 17 种。我国已记载过 9 种。本属的一些种类分布十分普遍，在富营养型的小水体中，有时可达到很高的种群密度。

1 (8) 尾爪基部背侧具有栉刺列。

2 (3) 头部背面丛生长的刚毛 …… 发头裸腹溞 *M. irrasa*(图 4-86,1)

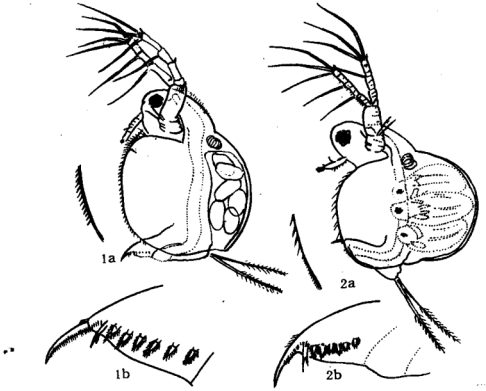


图 4-86 1. 发头裸腹溞 *M. irrasa*(a——整体；b——后腹部)；
2. 微型裸腹溞 *M. micrura*(a——整体；b——后腹部)

3 (2) 头部背面没有长的刚毛。

4 (5) 后腹部的肛刺只有 4—7 个 …… 微型裸腹溞 *M. micrura*(图 4-86,2)

5 (4) 后腹部的肛刺一般超过 7 个。

6 (7) 壳瓣腹缘前端的长刚毛 20—27 根；雄性第一触角的触觉毛靠近基端，末端有 4 根钩状刚毛。卵鞍表面全部有网纹 …… 近亲裸腹溞 *M. affinis*(图 4-87)

7 (6) 壳瓣腹缘前端的长刚毛 35—41 根；雄性第一触角的触觉毛靠近中部，

末端有 5 或 6 根钩状刚毛，卵鞍表面的后缘边缘和中央无网纹……
…… 直额裸腹潘 *M. rectirostris*（图 4-88，1）

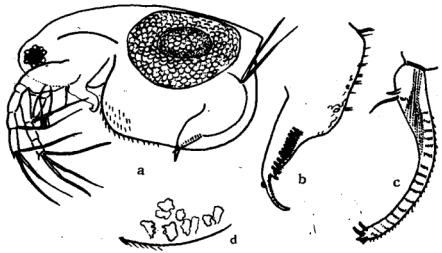


图 4-87　近亲裸腹潘 *M. affinis*
a——整体；b——后腹部；c——第一触角；d——壳瓣边缘色素

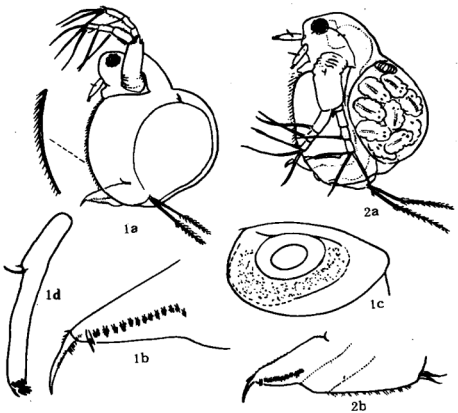


图 4-88　1. 直额裸腹潘 *M. rectirostris*（a——整体；b——后腹部；c——第一触角♂）；　2. 多刺裸腹潘 *M. macrocopa*（a——整体，b——后腹部）

8 (1) 尾爪基部背腹无栉刺列。无眼上凹。雄性第一触角的触毛靠近中部，末端有5—8根钩状刚毛 …… 多刺裸腹溞 *M. macrocopa*(图 4-88,2)

6. 象鼻溞属 *Bosmina*

体形变化甚大。头部与躯干部之间无颈沟。壳瓣后腹角向后延伸成一壳刺，其前方有一根刺毛，称为库尔茨毛(*Seta Kurzi*)，通常呈羽状。第一触角与吻愈合，不能活动。

本属至今尚未建立完善的种级分类体系，各研究者意见颇不一致。比较一致的意见将最早的56种合并为9种，到现代再合并为4种，我国有3种，均属常见。

1 (2) 尾爪基部与中部各有一行栉刺；额毛着生于复眼与吻部末端间的中央 …… 长额象鼻溞 *B. longirostris*(图 4-89,1)

2 (1) 尾爪只有基部的一行栉刺；额毛靠近吻部末端着生。

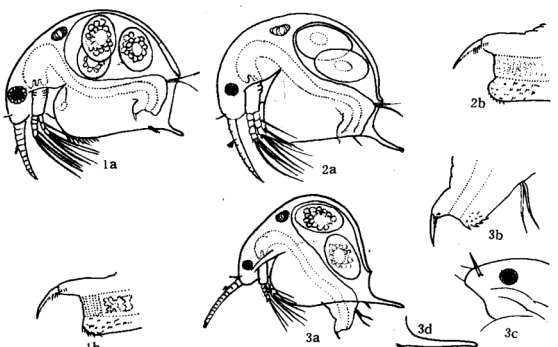


图 4-89 1. 长额象鼻溞 *B. longirostris*(a——整体；b——后腹部)；2. 简弧象鼻溞 *B. coregoni*(a——整体；b——后腹部)；3. 脆弱象鼻溞 *B. fatalis*(a——整体；b——后腹部；c——头部示额毛和壳弧)

3(4) 壳弧为一条隆线;库尔茨毛细长… 简弧象鼻溞 *B. coregoni*①(图 4-89,2)

4(3) 壳弧为两条平行而又分叉的隆线,库尔茨毛粗短 ……

…… 脆弱象鼻溞 *B. fatalis*(图 4-89,3)

7. 尖额溞属 *Alona*

体呈长卵形或近矩形,侧扁。无隆脊。壳瓣后缘较高,其高度通常比最高部分的一半还大。后腹角一般浑圆,有的种类具刻齿或棘齿。本属种类繁多,据资料记载已有 60 多种。多数属广温性种类。我国已知有 15 种。常见种的检索表为:

1(16) 后腹部的末背角浑圆;尾爪与后腹部后缘之间的角度较大。

2(3) 壳瓣后腹缘沿边有 4—5 个棘刺 ……

…… 广西尖额溞 *A. kwangsiensis*(图 4-90,1)

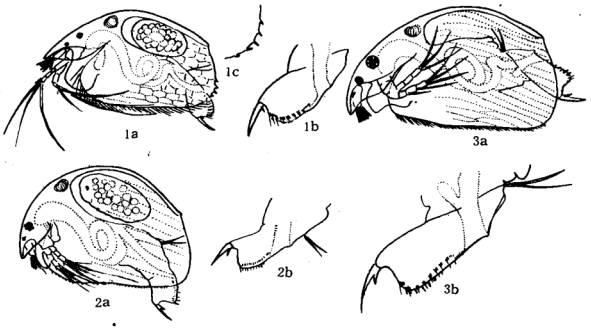


图 4-90 1. 广西尖额溞 *A. kwangsiensis*(a——整体;b——后腹部;c——壳瓣后缘下部,示棘刺);2. 奇异尖额溞 *A. eximia*(a——整体;b——后腹部);3. 中型尖额溞 *A. intermedia*(a——整体;b——后腹部)

① 本种过去称柯氏象鼻溞。

3(2) 壳瓣后腹缘沿边无锯齿或棘刺。

4(7) 后腹部末端特别扩大。

5(6) 末背角至后肛角的长度与后腹部的最大宽度差不多相等……奇异尖额潘 *A. eximia*(图 4-90,2)

6(5) 末背角至后肛角的长度大于后腹部的最大宽度……中型尖额潘 *A. intermedia*(图 4-90,3)

7(4) 后腹部不扩大,或仅在中部稍微扩大。

8(11) 体大。雌体体长超过 0.5 毫米,肛刺 14 个以上。

9(10) 爪刺的凹侧无小刺 …… 方形尖额潘 *A. quadrangularis*(图 4-91,1)

10(9) 爪刺的凹侧有 4—6 个小刺 …… 近亲尖额潘 *A. affinis*(图 4-91,2)

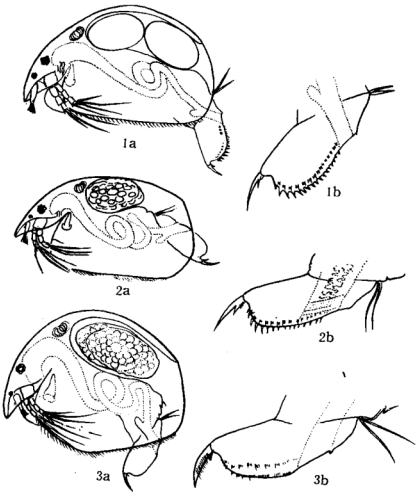


图 4-91 1. 方形尖额潘 *A. quadrangularis*(a——整体;b——后腹部);2. 近亲尖额潘 *A. affinis*(a——整体;b——后腹部);3. 秀体尖额潘 *A. diaphana*(a——整体;b——后腹部)

11(8) 体小。体长通常在0.5毫米以下,肛刺不到14个。

12(13) 肛刺排列成束 …… 秀体尖额潘 *A. diaphana*(图 4-91,3)

13(12) 肛刺排列不结集成束。

14(15) 肛刺细长,外观几乎与刚毛相仿,数目很多……

…… 华南尖额潘 *A. milleri*(图 4-92,1)

15(14) 肛刺粗短,数目在10个以下…… 矩形尖额潘 *A. rectangula*(图 4-92,2)

16(1) 后腹部的末背角呈交角状;后腹部后缘平截,后缘与尾爪之间的角度较小。

17(18) 后腹部有粗肛刺7—9枚,无侧刚毛簇 …… 点滴尖额潘 *A. guttata*

18(17) 后腹部有肛刺11—13个 …… 肋形尖额潘 *A. costata*(图 4-92,3)

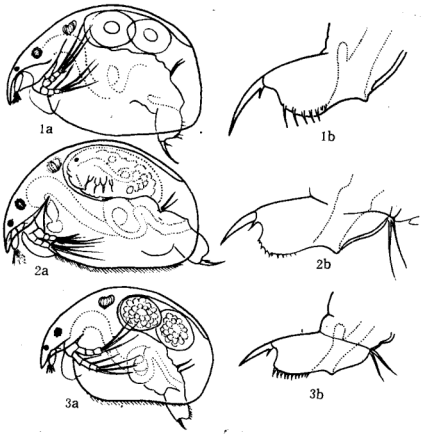


图 4-92 1. 华南尖额潘 *A. milleri*(a——整体;b——后腹部);2. 矩形尖额潘 *A. rectangula*(a——整体;b——后腹部);3. 肋形尖额潘 *A. costata*(a——整体;b——后腹部)

8. 平直溞属 *Pleuroxus*

体侧扁，呈长卵形或椭圆形。壳瓣后缘很低，最高也不会超过壳高的一半。后腹角大多具有短小的刺，极个别的种类无刺。头部低，吻尖长，向内弯曲。单眼总比复眼小得多。本属包括 20 余种，我国现已知有 8 种。

1 (8) 后腹部短或中等大小，背缘平直或外凸。

2 (3) 壳瓣后腹角无齿；雌性第一胸肢有钩 …… 钩足平直溞 *P. hamulatus*(图 4-93,1)

3 (2) 壳瓣后腹角具有小齿；雌性第一胸肢无钩。

4 (5) 肛门陷与肛门后方背缘的长度大致相等 …… 短腹平直溞 *P. aduncus*(图 4-93,2)

5 (4) 肛门陷显著短于肛门后方背缘的长度。

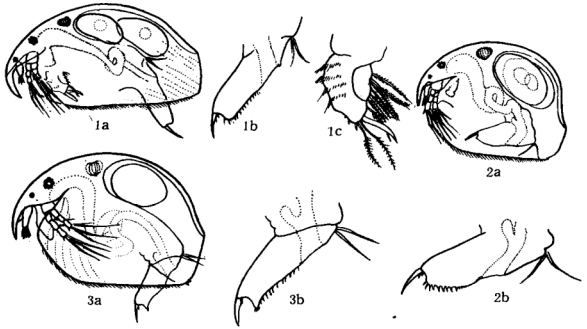


图 4-93 1. 钩足平直溞 *P. hamulatus*(a——整体；b——后腹部；c——第一胸肢)；2. 短腹平直溞 *P. aduncus*(a——整体；b——后腹部；c——第一胸肢)；3. 棘齿平直溞 *P. denticulatus*(a——整体；b——后腹部)

6(7) 后腹部末背角显著凸起，靠近末背角处的肛刺集合成束 …… 棘齿平直溞 *P. denticulatus*(图 4-93,3)

7(6) 后腹部末背角不凸起，无成束的肛刺 …… 三角平直溞 *P. trigonellus*(图 4-94,1)

8(1) 后腹部狭长，背缘多少有点内陷。

9(10) 壳瓣后背角显著向后凸出；后腹角圆，其稍前方有一个小齿 …… 肋纹平直溞 *P. striatus*(图 4-94,2)

10(9) 壳瓣后背角不向后凸出。后腹角仅有一锐齿 …… 光滑平直溞 *P. laevis*(图 4-94,3)

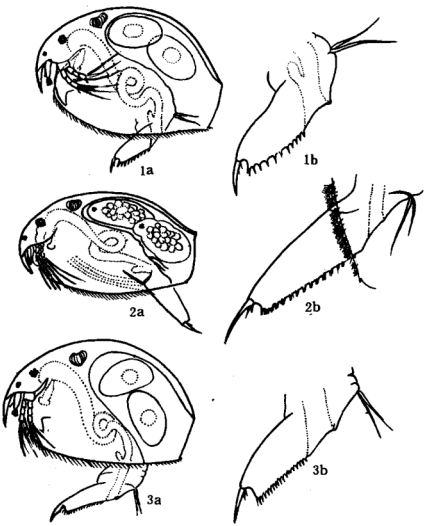


图 4-94 1. 三角平直溞 *P. trigonellus*(a——整体，b——后腹部)；2. 肋纹平直溞 *P. striatus*(a——整体，b——后腹部)；3. 光滑平直溞 *P. laevis*(a——整体，b——后腹部)

第四节　桡　足　类

一、一 般 特 征

这是一类小型甲壳动物，体长 0.30—3.00 毫米之间，一般小于 2 毫米。身体窄长，体节分明，一般由 16 或 17 个体节组成，但是由于若干体节相互愈合，实际上体节数目不超过 11 个。躯体可分为较宽的头胸部和较窄的腹部。头部有 1 眼点和 2 对触角与 3 对口器；胸部具 5 对胸足；腹部无附肢。身体末端具 1 对尾叉；雌性腹部两侧或腹面常带 1 个或 1 对卵囊。

（一）外　形

（1）体节　一般由 11 节组成。第一节最大，称头部，与第一胸愈合，故称之为头胸部。头胸部以后的五节也称带足节，各带 1 对游泳足，合称为胸部。此后的 5 节组成腹部，没有附肢，只有第一节（或称生殖节）可能例外。此节上有生殖孔，同时可能有 1 对附肢的残留。腹部后端是两个尾叉。就整体来说，有 1 个活动程度较大的活动关节，十分显著。这一活动关节，在哲水蚤中，位于第五胸节与生殖节之间；在猛水蚤与剑水蚤中，位于第四与第五胸足之间。不少作者通常以此关节把桡足类的身体分成前体部（metasome）与后体部（urosome）两部分。

（2）附肢　除尾叉外，尚有 11 对附肢。头部有 6 对，即第一触角、第二触角、大颚、第一小颚及颚足。胸部有 5 对附肢，都是游泳足。除第一触角、第二小颚及颚足外，都是双叉的，即由两节组成的基肢上生出内肢及外肢。第五胸足变化很大，有重要的分类价值。较为低等的胸刺水蚤科雌体第五胸足与前 4 对胸足（游泳足）的基本构造完全相同，为游泳型。雄性第五胸足亦近于游泳型，但左右不对称。镖水蚤科的雄性第五胸足特化，左右不对称，具有辅助交配的功能、剑水蚤的第五胸足大都有许多退化，一般有 2 节组成，通常基节上着生 1 根外刚毛，末节上着生若干刚毛。

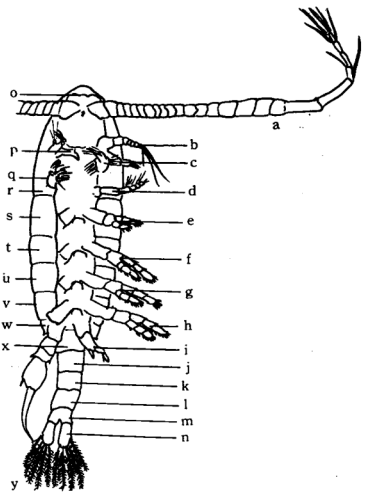


图 4-95　哲水蚤雄体模式图(腹面观)

a——第一触角;b——第二触角;c——第一小颚;d——颚足;e——第一胸足;f——第二胸足;g——第三胸足;h——第四胸足;i——第五胸足;j——第二腹节;k——第三腹节;l——第四腹节;m——第五腹节;n——尾叉;o——额角;p——大颚;q——第二小颚;r. 头节;s——第一胸节;t——第二胸节;u——第三胸节;v——第四胸节;w——第五胸节;x——生殖节;y——尾刚毛

(二) 发育与生长

桡足类雌雄异体,两性生殖。从外形上很容易区别性别。桡足类的卵孵出后经 6 个无节幼体期、5 个桡足幼体期方能成熟。在无节幼体阶段很少反映出科属之间的特异性,但至桡足幼体期逐渐具备成体的若干特征,在第四桡足幼体期已有两性分化的特征。不同温度下桡足类各发育阶段的平均发育时间与水温呈显著负相

关。水温高，发育时间短。

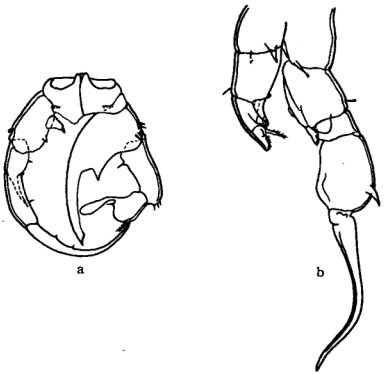


图 4-96　哲水蚤雄性第五胸足(a——火腿许水蚤　；b——大型中镖水蚤)

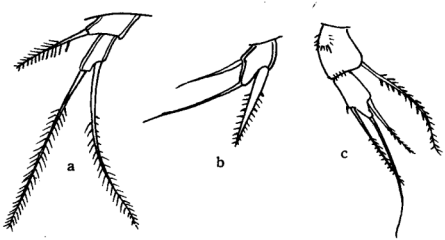


图 4-97　剑水蚤雌性第五胸足(a——广布中剑水蚤；
b——锯齿真剑水蚤；　c——白色大剑水蚤)

(三) 生态与分布

桡足类中哲水蚤目和剑水蚤目都是以浮游生活为主且游泳速

度较快。哲水蚤目中的许多种类是滤食性的，其食物为细菌、碎屑、单细胞藻类等，食物颗粒的大小范围为 1—35 微米。通常大型种类可滤食较大的食物。剑水蚤以捕食为主，有时会危害鱼苗，但有时也吃藻类、细菌和碎屑。

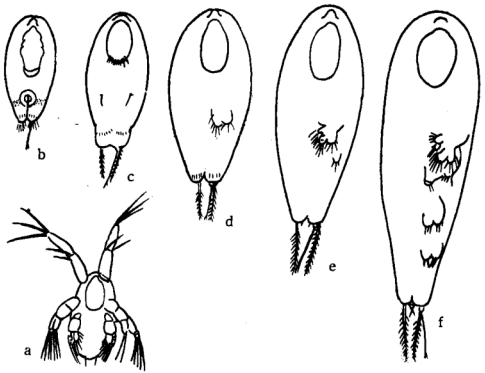


图 4-98　大型中镖水蚤无节幼体期
a—f——1—6 期无节幼体期

桡足类对温度比较敏感，因此其地理分布较其他浮游动物显著，但常见种类是广温性的。在已知的种类中，在我国分布较广的种类有：汤匙华哲水蚤、指状许水蚤、球状许水蚤、特异荡镖水蚤、锥肢蒙镖水蚤、大型中镖水蚤、右突新镖水蚤、白色大剑水蚤、锯缘真剑水蚤、近邻剑水蚤、广布中剑水蚤等。

根据世界上桡足类的分布范围，我国有 26 个世界种，37 个古北界种，71 个东洋界种。另有 70 多个种是跨界的。

桡足类生活于各种不同类型的水域内，象水库、湖泊、池塘、河流均有它们的踪迹。

一般说来哲水蚤营浮游生活，通常生活于湖泊的敞水带、河口

及池塘中；猛水蚤营底栖生活，它们主要栖息于除敞水带以外的各类水域中，生态环境多种多样；剑水蚤介乎上述两大类之间，有的生活于水底，有的种类生活于湖泊的敞水带。

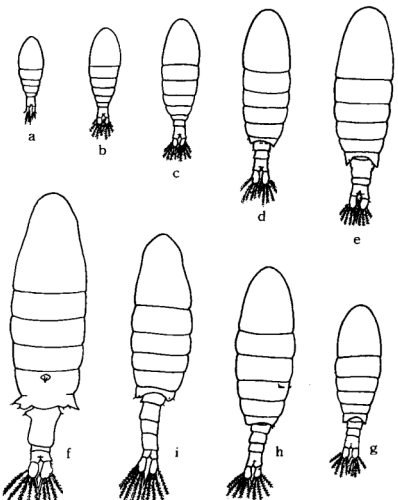


图 4-99　大型中镖水蚤桡足幼体期及成体（背面观）

a—e——第一至五桡足幼体期；f——成体，♀；g——第四桡足幼体期，♂；h——第五桡足幼体期，♂；i——成体，♂

温度对桡足类的胚胎及胎后发育有显著影响。一般来说，温度低，发育时间长，个体较大；温度高，发育时间短，个体较小。

据武汉东湖定点观察，随着水体富营养化，哲水蚤的数量下降，而剑水蚤增多。

桡足类卵、幼体和成体都有进行休眠的现象，这分别相当于其他动物的滞育或蛰伏。

不少种类都有休眠卵，形较大，数目不超过 6 个，卵的外膜也较厚实。这类卵能长期休眠以度过不利环境。

桡足幼体一般形成包囊度过不利环境。据记载，在挪威的一个水域中，在水蚤蛰伏最密集的区域内，每平方米面积中竟有 400 万个水蚤之多。由此而推论：蛰伏的个体并不是被动地沉入底部，而是有选择地主动钻入某一区域。正因为桡足类有休眠这种适应性，所以在排水后的鱼池一注入新水很快出现了性成熟的剑水蚤。

二、分　类

桡足类隶属于节肢动物门，甲壳纲桡足亚纲。目前大多数作者仍采用萨斯(Sars，1901—1904)的分类系统。本书采用《中国动物志》节肢动物门甲壳纲淡水桡足类分类系统和附图。

表 4-1　淡水桡足类三个目主要特征的比较

哲　水　蚤	剑　水　蚤	猛　水　蚤
前体部远宽于后体部	前体部远宽于后体部	前体部略宽于后体部
活动关节明显，位于第五胸足与生殖节之间	活动关节明显，位于第四胸足与第五胸足之间	活动关节不明显，或没有，位于第四胸足与第五胸足之间
一个卵囊，在身体中间（许水蚤例外）	二个卵囊在身体两侧	一般一个卵囊，在身体中间
第一触角最长，雌体一般有 23—25 节组成，其长度超过后体部，最长可达尾刚毛之末端	第一触角长度适中，有 6—17 节组成，短者化为头节长的 1/3，长者可达头胸部的末端	第一触角最短，有 5—9 节组成，短者仅为头节长的 1/5，最长也不超过头节的末端
主要浮游生活	主要浮游生活	以底栖生活为主

本亚纲共分七目，在浮游动物中较为重要的是哲水蚤目 Calanoida 和剑水蚤目 Cyclopoida。

常见淡水桡足类三个目主要特征的比较见表 4-1 及图 4-100。

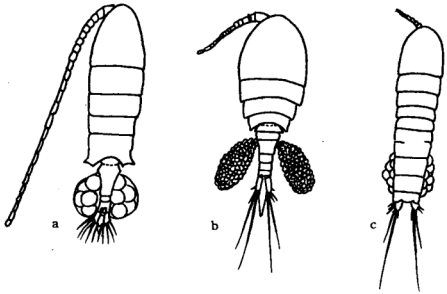


图 4-100　三类自由生活桡足类形态的比较
a——哲水蚤；　b——剑水蚤；　c——猛水蚤

（一）哲水蚤目科、属、种的检索表

1（4）雌性第五胸足具羽状刚毛，游泳型，外肢第二节的内后角向后延伸成一粗壮的棘状齿。雄性第五对胸足通常亦是游泳型 …… 胸刺水蚤科 Centropagidae

2（3）雌性第五胸节两后侧角扩展成翼状，腹部分 3 节；雄性第五右胸足的内肢通常退化 …… 贝克水蚤属 *Boeckella*（图 4-101，1）

3（2）雌性第五胸部后侧角不呈翼状，腹部分 4 节；雄性第五右胸足的内肢分 3 节 …… 华哲水蚤属 *Sinocalanus*（图 4-101，2）

4（1）雌、雄性的第五对胸足非游泳型。

5（8）雌性第五对胸足单肢型，无内肢。雄性第五左胸足第二基节的内侧有一长刀片状的突出物 …… 伪镖水蚤科 Pseudodiaptomidae ——许水蚤属 *Schmackeria*

6（7）长刀片状突出物的后缘基部处具 1 三角形齿。左胸足外肢第二节的内缘具 1 球状突起。雌性尾刚毛等粗 …… 球状许水蚤 *S. forbesi*（图 4-102，1）

7（6）长刀片状突出物的后缘近中部处具 1 三角形齿。左胸足外肢第二节的内缘具 1 指状突起。雌性的尾刚毛以居中的 1 根较粗 …… 指状许水蚤 *S. inopinus*（图 4-102，2）

8（5）雌性第五对胸足双肢型，内肢不发达，1 或 2 节。雄性第五对胸足左

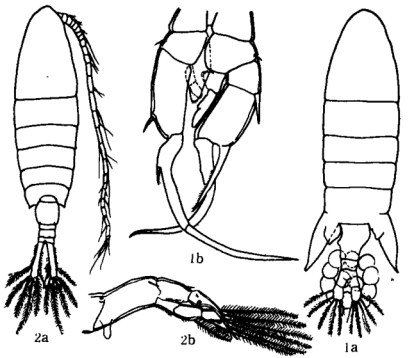


图 4-101　1. 东方贝克水蚤 *B. orientalis*(a——整体，♀；b——第五胸足，♂)；
2. 汤匙华哲水蚤 *S. dorrii*(a——整体，♀；b——第五左胸足，♂)

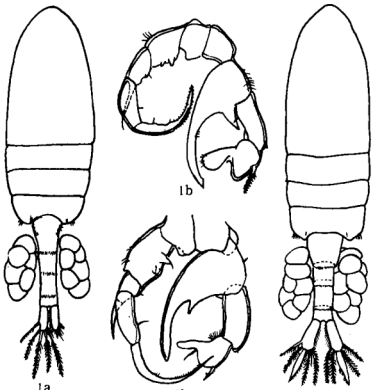


图 4-102　1. 球状许水蚤 *S. forbesi*(a　整体，♀；　b——第五对胸足，♂)；
2. 指状许水蚤 *S. inopinus*(a——整体，♀；　b——第五对胸足，♂)

右不同形。左足较短小，末端有钳板和钳刺；右足强大，外肢第二节的外侧有 1 侧刺，末端有 1 长的钩状刺 …… 镖水蚤科 Diaptomidae

9(12) 雄性第五右胸足外肢第一节的外末角尖锐，第二节的侧刺位于外缘的中部 …… 新镖水蚤属 *Neodiaptomus*

10(11) 第四、五胸节间无细刺列。雄性第五胸节的左后侧角不狭长，生殖节的右侧缘极为扩展；第五胸足爪状刺的外缘无齿或仅 1—3 个齿；雄性执握肢倒数第三节的指状突的长度仅相当于末第二节的长；第五右胸足外肢第二节侧刺长而粗。执握肢末 3 节指状突出的长度与末 2 节相仿 …… 右突新镖水蚤 *N. schmackeri*(图 4-103,1)

11(10) 第四、五胸节间有细刺列；雄性第五胸节的左后侧角狭长，生殖节的右

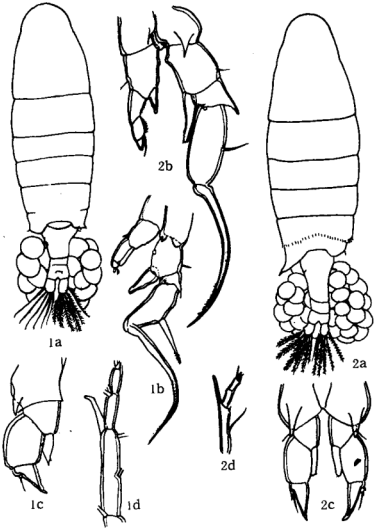


图 4-103 1. 右突新镖水蚤 *N. schmackeri*（a——整体，♀；b——第五对胸足，♂；c——第五对左胸足，♀；d——执握肢末 3 节）；2. 长江新镖水蚤 *N. yangtsekiangensis*（a——整体，♀；b——第五对胸足，♂；c——第五对左胸足，♀；d——执握肢末 3 节）

侧缘仅略为隆起；第五胸足爪状刺的外缘有一列细锯齿；雄性执握肢倒数第三节的指状突起约相当于最末两节长度之和；第五右胸足外肢第二节侧刺较短而细…长江新镖水蚤 *N. yangtsekiangensis*(图 4-103,2)

12(9) 雄性第五右胸足外肢第一节的外末角圆钝，第二节的侧刺位于外缘的中部或不在中部。

13(18) 雄性第五右胸足外肢第一节的宽度大于长度。

14(17) 雄性第五右胸足外肢第二节的侧刺位于外缘的基半部或中部。

15(16) 雄性第五右胸足内肢呈短条状 …… 明镖水蚤属 *Heliodiaptomus*
执握肢倒数第三节的指状突起的外缘有细缺刻；第五右胸足外肢第二节背面的突起靠近基部…… 锯齿明镖水蚤 *H. serratus*(图 4-104,1)

16(15) 雄性第五右胸足内肢呈三角形 …… 蒙镖水蚤属 *Mongolodiaptomus*
雄性执握肢倒数第三节指状突出的外缘无锯齿；第五右胸足外肢的第二节窄长 …… 锥肢蒙镖水蚤 *M. birulai*(图 4-104,2)

17(14) 雄性第五右胸足外肢第二节的侧刺位于外缘的近末端处。内肢十分发达呈半月状……
…… 原镖水蚤属 *Eodiaptomus*——中华原镖水蚤 *E. sinensis*(图 4-105)

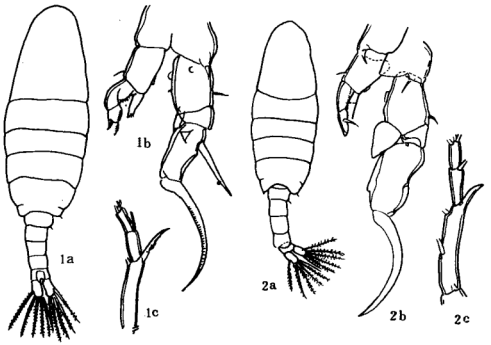


图 4-104 1. 锯齿明镖水蚤 *H. serratus*（a——整体；b——第五胸足；♂，c——执握肢末 3 节）；2. 锥肢蒙镖水蚤 *M. birulai*（a——整体；b——第五胸足，♂；c——执握肢末 3 节）

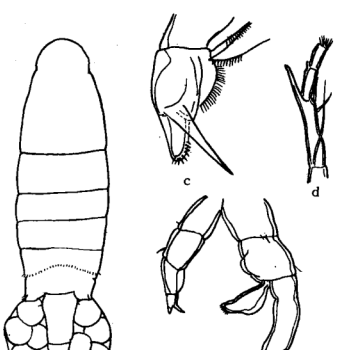


图 4-105　中华原镖水蚤 *E. sinensis*　a——整体，♀；b——第五对胸足，♂；c——第五左胸足内外肢的末部，♀；d——执握肢末 3 节

18(13) 雄性第五右胸足外肢第一节的宽度小于长度。

19(22) 雄性第五右胸足外肢第二节的侧刺位于外缘中部处或基半部。

20(21) 雄性第五右胸足内肢呈窄条状，它的末端抵达或超过外肢第一节的后缘 …… 荡镖水蚤属 *Neutrodiaptomus*

雌性生殖节右侧的隆起部位有 1 个指向背方的突起(侧面观)，顶端有 1 刺。雌性第五胸节左后侧角的背部向上方隆起成 1 条脊；第五胸足的内肢显著短于外肢的第一节 …… 特异荡镖水蚤 *N. incongruens*(图 4-106,1)

21(20) 雄性第五右胸足内肢呈舌状，它的末端不超越外肢第一节的中部；外肢第二节的中部较宽，侧刺短小 …… 舌镖水蚤属 *Ligulodiaptomus*—— 翼突舌镖水蚤 *L. alatus*(图 106,2)

22(19) 雄性第五右胸足外肢第二节的侧刺位于外缘的末半部。

23(24) 雄性第五右胸足外肢第二节的侧刺短小；左胸足钳板的表面具横的梯级状隆起线 …… 中镖水蚤属 *Sinodiaptomus*

雄性第五右胸足外肢第二节的侧棘短小，不超越节的末端 …… 大型中镖水蚤 *S. sarsi*(图 107,1)

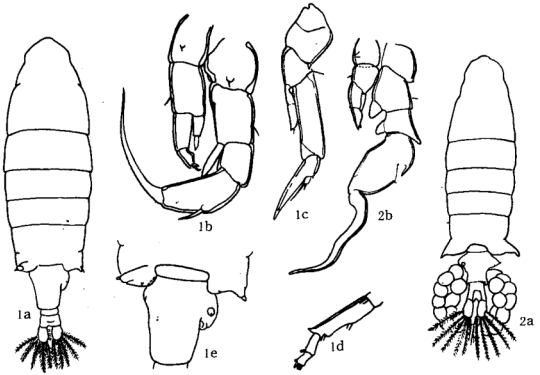


图 4-106　1. 特异荡镖水蚤 *N. incongruens*（a——整体，♀；b——第五对胸足，♂；c——第五右胸足，♀；d——执握肢末 3 节；e——第五胸节和生殖节，♀）；2. 翼突舌镖水蚤 *L. alatus*（a——整体，♀；b——第五对胸足，♂）

24(23) 雄性第五右胸足外肢第二节侧棘较长，左胸足钳板末缘具锯齿 …… 近镖水蚤属 *Tropodiaptomus*

执握肢的指状突出光滑。雌性第四胸节的背面无距状刺，第五胸足的内肢可达外肢第一节的末部…… 米粒近镖水蚤 *T. oryzanus*（图 4-107，2）

（二）剑水蚤目属、种的检索表

本目在淡水浮游动物中较为常见的只有剑水蚤科一科。

1 (8) 雌性第五胸足第二节具 1 刺 2 刚毛；第五胸节侧缘具刚毛 …… 真剑水蚤亚科 Eucyclopinae

2 (5) 个体大而粗壮，第一触角分 17 节 …… 大剑水蚤属 *Macrocyclops*

3 (4) 雌性第四胸足内肢第三节内缘上的第二刚毛发达，内外缘共具刚毛 3 根，尾叉内缘具稀疏的短刚毛…… 闻名大剑水蚤 *M. distinctus*（图 4-108，1）

4 (3) 雌性第四胸足内肢第三节内缘上的第二根刚毛退化呈短刺状，内外缘

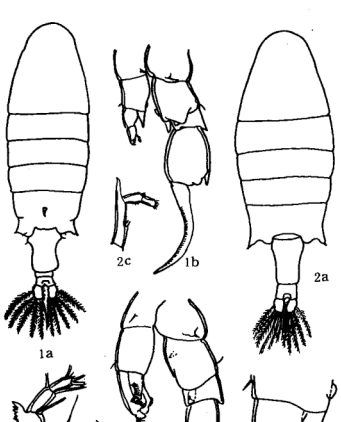


图 4-107　1. 大型中镖水蚤 *S. sarsi*（a——整体；b——第五对胸足，♂；c——第五对左胸足内外肢，♂；d——执握肢末 3 节）；2. 米粒近镖水蚤 *T. oryzinus*（a——整体，♀；　b——第五对胸足，♂；c——执握肢末 3 节）

共有刚毛两根。尾叉内缘无细刚毛 …… 白色大剑水蚤 *M. albidus*（图 108,2）

5（2）个体中等大小，第一触角分 6—12 节。

6（7）第一触角分 12 节，约与头胸部等长或较长。尾叉的长度不及宽度的 3 倍，外缘无一列细刺 …… 近剑水蚤属 *Tropocyclops*

第一至四胸足外肢第三节刺式为 3·4·4·3。第五胸足内刺长大。第四胸足内肢第三节的长度约为宽度的 3 倍以下 …… 绿色近剑水蚤 *T. prasinus*（图 4-109,1）

7（6）第一触角分 6—11 节。第五胸足宽大，部分与第五胸节愈合具 2 刺 1 刚毛 …… 外剑水蚤属 *Ectocyclops*

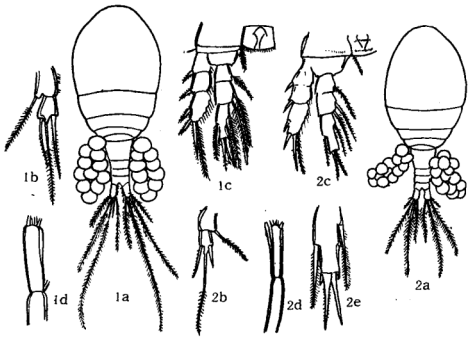


图 4-108　1. 闻名大剑水蚤 *M. distinctus*（a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足；d——第一触角末 2 节）；2. 白色大剑水蚤 *M. albidus*（a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足；d——第四胸足内肢末节）

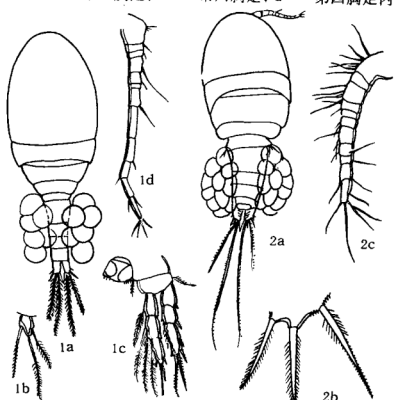


图 4-109　1. 绿色近剑水蚤 *T. prasinus*（a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足；d——第一触角）；2. 胸饰外剑水蚤 *E. phaleratus*（a——整体；b——第五胸足；c——第一触角）

第五胸足内刺显然长于中刺及外刚毛，生殖节背面无角状横脊。第一至四胸足外肢第三节刺式为 3·4·4·3 …… 胸饰外剑水蚤 *E. phaleratus*（图 4-109,2）

8（1）雌性第五胸足第二节具 1 刺 1 刚毛；第五胸节侧缘无刚毛 …… 剑水蚤亚科 Cyclopinae

9（20）第五胸足分 2 节。

10（15）尾叉较长，表面具纵脊或侧缘具缺刻。

11（14）尾叉表面具 1 纵脊。第五胸足末节内缘中部处具 1 壮刺，其基部大都具小刺 …… 剑水蚤属 *Cyclops*

12（13）第一至四胸足外肢第三节刺式为 3·4·3·3 …… 英勇剑水蚤 *C. strenuus*（图 4-110,1）

13（12）第一至四胸足外肢第三节刺式为 2·3·3·3。第四胸节的后侧角呈一般的三角形 …… 近邻剑水蚤 *C. vicinus*（图 4-110,2）

14（11）尾叉侧缘近基部处具 1 缺刻。第五胸足末节内缘具 1 小刺或内末缘具 1 长刺 …… 刺剑水蚤属 *Acanthocyclops*

第五胸足基节扩张宽大。第四胸足内肢第三节末端两刺短于节本部

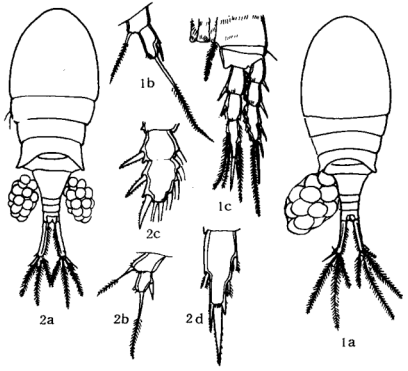


图 4-110　1. 英勇剑水蚤 *C. strenuus*（a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足）；2. 近邻剑水蚤 *C. vicinus*（a——整体；b——第五胸足；c——第一胸足外肢末 2 节；d——第四胸足内肢末节）

…… 草绿刺剑水蚤 *A.*(*Megacyclops*)*viridis*(图 4-111,1)

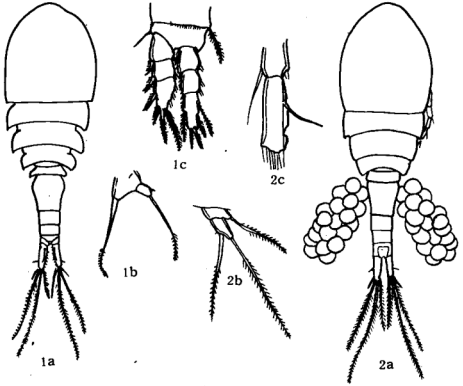


图 4-111 1. 草绿刺剑水蚤 *A.*(*Megacyclops*)*viridis*(a——整体;b——第五胸足;c——第四胸足);2. 广布中剑水蚤 *M. leuckarti*(a——整体;b——第五胸足;c——第一触角末节)

15(10) 尾叉较短,表面无纵脊,侧缘亦无缺刻。

16(17) 第五胸足末节内刺位于内缘中部 …… 中剑水蚤属 *Mesocyclops*
体型中等大小,雌体长 1 毫米左右,尾叉的长度约为宽度的 3 倍 ……
…… 广布中剑水蚤 *M. leuckarti*(图 4-111,2)

17(16) 第五胸足末节内刺位于末缘 …… 温剑水蚤属 *Thermocyclops*

18(19) 第四胸足内肢末节的内刺约为外刺长的 3.5 倍以上……
…… 台湾温剑水蚤 *T. taihokuensis*(图 4-112,1)

19(18) 第四胸足内肢末节的内刺约为外刺长的 2 倍……
…… 透明温剑水蚤 *T. hyalinus*(图 4-112,2)

20(9) 第五胸足基节与第五胸节愈合,仅存 1 节。

21(22) 第五胸足呈圆柱形,内刺退化,仅末端具明显的刚毛 1 根……
…… 小剑水蚤属 *Microcyclops*
第一触角分 12 节。尾叉的长度约为宽度的 5 倍以下。第四胸足内肢第二节末端的内刺呈披针形 … 跨立小剑水蚤 *M. varicans*(图 4-113)

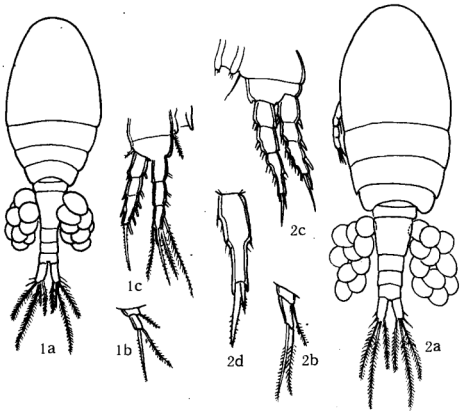


图 4-112　1. 台湾温剑水蚤 *T. taihokuensis*（a——整体；b——第五胸足）；2. 透明温剑水蚤 *T. hyalinus*（a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足；d——第四胸足内肢末节）

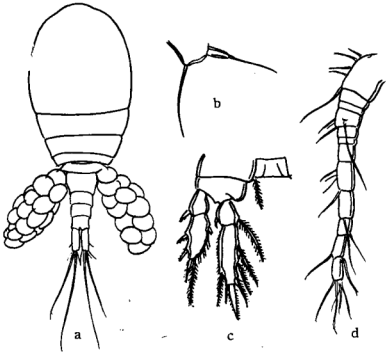


图 4-113　跨立小剑水蚤 *M. varicans*

a——整体；b——第五胸足；c——第四胸足；d——第一触角

第五章　浮游植物现存量和生产量的测定方法

在第三章中我们已经介绍了浮游植物的特征和如何进行分类及鉴定种类——定性研究。在研究水体中的浮游植物时，除了需要知道它们的种类外，更重要的是要测定它们的量——定量研究。这是本章要介绍的内容。

在定量研究中首先要明确区别现存量(standing crop)和生产量(production)这两个不同的概念。

现存量是指"在某一时刻，水体单位体积水中或单位面积水面所存在的生物的数量或重量"。浮游植物现存量可用每升(或毫升)水中有多少个个体或细胞，或者用每升(或立方米)水中有多少毫克(或克)湿重、干重、叶绿素或其他指标来表示。前者称浮游植物的数量(number)，后者称为浮游植物的生物量(biomass)。

生产量是指"在单位时间内，水体单位体积水中或单位面积水面浮游生物所生产的有机物质的量"。所以生产量是一种生产速率。浮游植物生产量就是浮游植物的光合作用速率。

第一节　浮游植物数量的测定方法

一、水样的采集

(一) 采集工具

采集浮游植物定量样品的工具有浮游植物采集网和采水器。

将网绑在竹竿或其他竿上，在水中作缓慢的拖动，记下拖动的距离，按网口面积计算出通过采集网的水量。用采集网只能采到大型(网取)浮游植物，而且水量也不能精确测定，因此这种采集方法只能用于定性或粗定量调查，现已很少采用。

目前普遍采用的是各种采水器。在静水湖泊、池塘等水体可用

玻璃采水器或改良式北原采水器(有机玻璃采水器,见附录)。

在流速较大的河流或其他水体,需用水文测定中用的横式采样器。

(二) 采水量

可采 1 000 毫升,如用表底层混合水样,则分别在表、底层各采 500 毫升,加以混合。

最好同时再采一水样,专门供观察鉴定种类用。

(三) 采样点设置和采样频率

应根据水体的面积、形态特征、工作的条件和要求、浮游植物的生态分布特点等设置采样点和确定采样频率。在水体的中心区、沿岸区、主要进出水口附近必须有代表性的采样点。

采样频率根据工作目的可以 1 月 1—4 次,或 1 季度 1 次,或春、夏季各 1 次,或仅夏季 1 次。

(四) 采样层次

视水体深浅而定,如水深在 3 米以内、水团混和良好的水体,可只采表层(0.5 米)1 个水样;水深 3—10 米的水体,应至少分别取表层(0.5 米)和底层(离底 0.5 米)两个水样;水深大于 10 米的深水湖泊和水库,更应增加层次,在上层(有光层)或温跃层以上应层次较密,可每隔 1 米采样 1 个,在下层(缺光层)或温跃层以下,可隔 2—5 米或更大距离采样 1 个。为了减少工作量,也可采取分层采样,各层等量混合成 1 个水样的方法。

有些藻类(如蓝藻)常上浮在水表面或有成片、成带分布的情况,在采样时应加以注意。

采样时间应尽量在一天的相近时间,例如在上午的 8—10 时。

二、水样的固定

除作其他用途的外,计数用水样应立即加以固定,即杀死水样

中的浮游植物和其他生物。固定剂用碘液(鲁哥氏液)(配方见附录)。

固定剂用量为水样的1%,即1升水样中加10毫升左右,使水样呈棕黄色即可。

需长期保存的样品,再在水样中加入几毫升的福尔马林液和甘油。

三、沉淀和浓缩

为便于镜检计数,应将水样中的浮游植物沉淀和浓缩。

沉淀和浓缩在筒形分液漏斗中进行。把分液漏斗固定在架子上,放在稳定的桌子上。将水样倒入分液漏斗,使浮游植物自然沉淀。

根据理论推算最微小的浮游植物的下沉速度约为每3小时1厘米,故如分液漏斗中水柱高度为20厘米,则需沉淀60小时。但一般浮游藻类的大小为几微米到几十微米,再经过碘液固定后,下沉较快。所以静置沉淀时间一般可为48小时。有时在野外条件下,为节省时间,也可采取分级沉淀方法,即先在直径较大的大容器(如1升水样瓶)中沉淀,然后再转移到分液漏斗中沉淀。最后用细小玻管(直径小于2毫米)借虹吸方法缓慢地吸去上层的清液,注意不能搅动或吸出浮在表面和沉淀的藻类(虹吸管在水中的一端可用25号筛绢封盖)。最后留下约20毫升时,将沉淀物放入容积为30或50毫升的试剂瓶中。试剂瓶事先应在精确的30毫升处做好标记。用吸出的上层清液或蒸馏水冲洗分液漏斗2—3次,一起放入试剂瓶中。在计数时定容到30毫升。如果最终的样品量超过30毫升,则可静置几小时后,再小心吸去多余水量。

要长期保存的样品,应用石蜡封口。

样品瓶上应写明采样日期、采样点、采水量等。

也可采用离心方法浓缩样品,水样量和最后的样品量可相应减少。

四、计　数

计数可用血球计数框或其他型式的计算框。我国目前通用的计数框是面积 20×20 毫米、容量 0.1 毫升的框，其内划分横直各 10 行格，共 100 个小方格。

将计数样品充分摇匀后，迅速吸取 0.1 毫升样品到计数框中，盖上盖玻片。计数框内应无气泡，也不应有样品溢出。气温高时，为防止在长时间计数过程中水分蒸发而出现气泡，可在盖玻片四周封以液体石蜡。

计数时显微镜的目镜可用 10 倍的，物镜用 40 倍的，但根据情况可加以变动。

为减少工作量，一般不对整个计数框内水样中的浮游植物都计数，而只选取其中一部分水样计数。

选取过程是一个次级抽样过程，故要考虑到抽样的大小和代表性，可有三种方法。

（一）计数框行格法

对计数框上的第二、五、八行三行共 30 个小方格进行计数（参见《湖泊调查基本知识》一书），现已较少采用。

（二）目镜视野法

利用显微镜的目镜视野来选取计数的面积。先用台微尺量得在一定放大倍数下的视野直径，然后按圆面积计算公式（πr^2）求得视野面积。或者由所用目镜的视场直径值除以物镜放大率求得视野直径。

为使选取的视野在计数框上有均匀的分布，可利用计数框上的方格或者显微镜的机械移动台上的标尺刻度。

计数的视野数目应根据样品中浮游植物数量的多少确定。一般计数 100—500 个视野，使所得计数值至少在 300 以上。可以先计数 100 个视野。如计数后数值太少，再增加 100 个，以此类推。

计数的视野应均匀分布在计算框的全部面积上。

（三）目镜行格法

这是以上两种方法的结合与改进。

在目镜中以两根平行的头发丝或玻璃丝形成一横行格。其宽度为 150 或 100 微米，另加一垂直线（图 5-1）。头发丝或玻璃丝可直接粘在目镜的视场光栏上，或者粘在用赛璐珞或其他材料制成的薄片上。薄片剪成与视场光栏相同的圆圈放入目镜内。也可利用目微尺上刻度作为横行格使用。

计数时，只计数横行格内的藻类，连续移动，计完一横行格（同计数框行格法）。计数的横行数，根据藻类的多少确定，一般为 5—20 行。

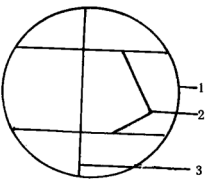


图 5-1　目镜行格
1. 视野；2. 平行行格线；3. 垂直线

由于计数的水样量减少，(二)、(三)两法都可减少工作量；而且取样代表性好，计数框上可不必再划制方格，结果要比计数框行格法精确。

（四）计数时注意事项

(1) 采用上述某种计数方法后，不要随意改变，以保证结果的可比性。

(2) 如遇到一个浮游植物个体或细胞的一部分在行格或视野内，另一部分在行格或视野外，则可规定：在行格上线或视野上半圈的个体或细胞不加计数，而在下线或下半圈的则计数。

(3) 计数的单位可以用个体或用细胞表示。用个体数表示，计数时较省力，但由于藻类的个体有的是单细胞的，有的是由数目相差悬殊的细胞组成的群体，因此用个体数表示不及用细胞数表示精确。

当用细胞数表示时，在计数时可采用几种方法：① 对丝状、群体种类，可先计算个体数，然后求出该种类的个体的平均细胞数，进行换算；② 在计数过程中计算细胞数；③ 对形成“水华”的优势种类，如微囊藻，计数前可用加碱、加热、用力摇散等方法使之散开为单个细胞或少数细胞的群体。

(4) 在报告结果和分析时应说明表示的单位、采用的方法、优势种类等。

(5) 如果要求计算精度高，则对量小而个体大的种类应另外用低倍全片计数，特别是当需要精确地计算生物量时，更应当如此。

(6) 计数前应先对样品作定性观察，以熟悉主要种类及其形态特点。

(7) 计数时应把注意力集中于主要种类，对数量极少的稀见种类，一时确定不了归属的，可先计数，需要时再鉴定种类。

(8) 每一计数样品应取样和计数两次，两次结果与平均数之差应不大于±15%，否则须继续取样计数。

五、计 算 结 果

把计数所得结果换算为原来所采的水样中浮游植物的数量时用下列计算公式：

$$N=\left[\frac{A}{A_c}\times\frac{V_s}{V_a}\right]n$$

式中 N——每升原水样中的浮游植物数量（个/升）；

A——计数框面积（毫米²）；

A_c——计数面积（毫米²）；

V_s——1 升原水样沉淀浓缩后的体积（毫升）；

V_a——计数框的体积（毫升）；

n——计数所得浮游植物的数目。

按上述方法，A 为 20×20=400 毫米²，V_s 为 30 毫升，V_a 为 0.1 毫升。

因此，如计数的行格或视野的面积确定，就可求出一常数 $K=(A/A_c)\times(V_s/V_a)$。每次计数后只须把所得 n 值乘以 K 值，就得到原来水样中每升的藻类量。

例如，当用计数框行格法，计数 3 行格时，

$$K=(400/120)\times(30/0.1)=1\ 000$$

当用目镜视野法时，如视野面积为 0.093 毫米^2，计数 100 个视野，则 K 值为 12 900；计数 200 个视野，K 值为 6 450，其余类推。

当用目镜行格法时，如行格宽度为 150 微米，计数 10 行格，则 K 值为 4 000；计数 20 行格，则 K 值为 2 000，其余类推。

六、倒置显微镜计数法

如果具备倒置显微镜，则可采用 Utermöhl（1958）的计数法。此法采水量少，不需长时间的沉淀和次级抽样步骤而直接计数。水样量则根据水中浮游植物的多少，一般几毫升到几十毫升，最多 100 毫升。水样固定后，取一定量加入特制的 Kolkwitz 浮游生物框或管状浮游生物框（包括底框和柱形管）。沉淀一定时间后，对沉淀在底框上的样品计数。

计数方法可参见上节。

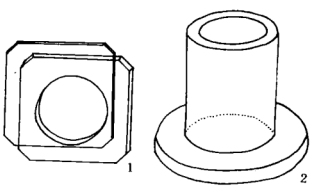


图 5-2　倒置显微镜计数时用的浮游生物框
1. Kolkwitz 浮游生物框；2. 管状浮游生物框

第二节　浮游植物重量的测定方法

前面已经提到，浮游植物不同种类的个体大小相差悬殊，因此用数量，不论是用个体数或细胞数来表示，都不及用重量来表示更为准确。

由于浮游植物的个体太小，很难直接称重，所以一般都通过计数和测量体积后换算。

一、水样的采集、固定、浓缩和计数

均与测定数量时相同。

二、体积的测定

要求不高时，可根据现成资料换算，表 5-1、5-2 的资料可供参考。

表 5-1　若干种浮游植物的体积（湿重）

浮游植物种类	体积(μm^3)
铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)群体	100 000
湖生束球藻(*Gomphosphaeria lacustris*)群体	2 000
水华鱼腥藻(*Anabaena flos-aquae*)群体	80 000
红色颤藻(*Oscillatoria rubescens*)(1 mm)	30 000
美洲裸甲藻(*Uroglena americana*)群体	90 000
具尾鱼鳞藻(*Mallomonas caudata*)	10 000
散岐锥囊藻(*Dinobryon divergens*)	800
群聚锥囊藻(*D. sociale*)	800
金杯藻(*Kephyrion* sp.)	50
颗粒直链藻(*Melosira granulata*)(1 mm)	60 000
岛直链藻(*M. islandica*)(1 mm)	80 000
广缘小环藻(*Cyclotella bodanica*)	10 000

（续表 5-1）

浮游植物种类	体积（μm^3）
科曼小环藻（*C. comensis*）	400
星形冠盘藻（*Stephanodiscus astraea*）	2 000
汉契冠盘藻微小变种（*S. hantzschii* var. *pusillus*）	200
美丽星杆藻（*Asterionella formosa*）	700
窗格平板藻（*Tabellaria fenestrate*）	4 000
克洛脆杆藻（*Fragilaria crotonensis*）（1 mm）	200 000
尖针杆藻（*Synedra acus*）	1 000
草鞋形波缘藻（*Cymatopleura solea*）	80 000
实球藻（*Pandorina morum*）群体	4 000
球囊藻（*Gleeococcus schroeteri*）即（*Sphaerocystis schroeteri*）群体	5 000
单生卵囊藻（*Oocystis solitaria*）	400
四尾栅藻（*Scenedesmus quadricauda*）	1 000
镰形纤维藻（*Ankistrodesmus falcatus*）	250
葡萄藻（*Botryococcus braunii*）群体	10 000
微小四角藻（*Tetraedron minimum*）	40
小球藻（*Chlorella vulgaris*）	200
针形新月藻（*Closterium aciculare*）	4 000
扁豆形鼓藻（*Cosmarium phaseolus*）	3 000
肾形鼓藻（*C. reniforme*）	30 000
奇形角星鼓藻（*Staurastrum paradoxum*）	20 000
瑞士裸甲藻（*Gymnodinium helveticum*）	20 000
维氏多甲藻（*Peridinium willei*）	40 000
角甲藻（*Ceratium hirundinella*）	70 000
湖生红胞藻（*Rhodomenas lacustris*）	200
卵形隐藻（*Cryptomonas ovata*）	2 500
啮蚀隐藻（*C. erosa*）	2 500

注：国外资料。

表 5-2 主要浮游植物细胞的平均湿重和计算公式

种 类	平均湿重(10^{-4}mg)			计 算 公 式
	大	中	小	
硅藻门：				
颗粒直链藻 *Melosira granulata*	0.06	0.03	0.007	$V=\pi r^2 h$
岛直链藻 *M. islandica*		0.003		$V=\pi r^2 h$
小环藻 *Cyclotella*	0.02	0.007	0.004	$V=\pi r^2 h$
尖针杆藻 *Synedra acus*	0.01	0.005	0.002	$V=2\frac{a_1+a_2}{2}hb$
肘状针杆藻 *S. ulna*	0.06	0.04	0.02	$V=2\frac{a_1+a_2}{2}hb$
舟形藻 *Pinnularia*		0.04	0.02	$V=2\frac{a_1+a_2}{2}hb$
星杆藻 *Asterionella*		0.005		$V=2\frac{a_1+a_2}{2}hb$
金藻门：				
棕鞭藻 *Ochromonas*	0.007	0.003	0.001	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$ 或 $\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
鱼鳞藻 *Mallomonas*	0.06	0.03	0.005	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$ 或 $\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
绿藻门：				
衣藻 *Chlamydomonas*	0.05	0.02	0.003	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$ 或 $\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
实球藻 *Pandorina*	0.03	0.02	0.004	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$ 或 $\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
球囊藻 *Sphaerocystis schroeteri*		0.003		$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
空星藻 *Coelastrum*	0.008	0.003	0.001	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
盘星藻 *Pediastrum*	0.08	0.042		$V=\pi r^2 h$
顶棘藻 *Chodatella*	0.008	0.003	0.001	$V=\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$

（续表 5-2）

种　类	平均湿重(10^{-4}mg)			计　算　公　式
	大	中	小	
卵囊藻 *Oocystis*	0.015	0.005	0.002	$V=\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
栅藻 *Scenedesmus*	0.01	0.002	0.0005	$V=2\frac{1}{3}\pi r^2 h$
隐藻和甲藻门：				
隐藻 *Cryptomonas*	0.06	0.04	0.02	$V=\frac{1}{3}\pi h(r_1^2+r_2^2+r_1r_3)$
蓝隐藻 *Chroomonas*	0.002	0.001	0.0005	$V=\frac{1}{3}\pi h(r_1^2+r_2^2+r_1r_3)$
飞燕角甲藻 *Ceratium hirundinella*		0.5		$V=\frac{1}{3}\pi r_1^2 h_1+\frac{1}{3}\pi r_2^2 h_2$
裸藻门：				
囊裸藻 *Trachelomonas*	0.06	0.02	0.002	$\because V=\frac{4}{3}\pi r^3$ 或 $\frac{4}{3}\pi r_1^2 r_2$
裸藻 *Euglena*	0.6	0.1	0.04	$V=\frac{1}{3}\pi r^2 h+\frac{1}{3}\pi h(r_1^2+r_2^2+r_1r_2)$
血红裸藻 *E. sanguinea*	1.0	0.6	0.15	$V=\frac{1}{3}\pi r^2 h+\frac{1}{3}\pi h(r_1^2+r_2^2+r_1r_2)$
蓝藻门：				
蓝球藻 *Chroococcus*	0.002	0.001	0.0004	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
蓝球藻（群体）	0.04	0.03	0.0013	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
腔球藻（群体） *Coelosphaerium*		0.07	0.03	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
平裂藻 *Merismopedia*	0.001	0.0005	0.00005	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
蓝纤维藻 *Dactylococcopsis*		0.0003		$V=2\frac{1}{3}\pi r^2 h$
粉末微囊藻 *Microcystis pulverea*	0.00004	0.00002	0.00001	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$

（续表 5-2）

种　类	平均湿重(10^{-4}mg)			计　算　公　式
	大	中	小	
铜绿微囊藻 *M. aeruginosa*		0.0005		$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
铜绿微囊藻（群体）	6.46	0.14	0.07	$V=\frac{4}{3}\pi r^3$
颤藻 *Oscillatoria*（藻丝）	0.05	0.01	0.003	$V=\pi r^2 h$
鱼腥藻 *Anabaena*（藻丝）		0.001		$V=\pi r^2 h$

注：国内资料。

但浮游藻类体积可因地区、季节等的不同而有较大变化，而且现成资料也不可能包括所有种类，所以最好由研究者自己进行实际的体积测定。对于那些数量多或体积大的种类，更应自己测定。

测定方法如下：

先根据藻类的体型按最近似的几何形状测量必要的量度，如长度、高度、直径等，然后按求体积公式计算出体积。例如球形种类，测量其半径，按球体体积$=4\pi r^3/3$求得体积。圆柱形细胞，测量圆柱的半径和柱的高度，按圆柱形体积$=\pi r^2 h$求得。有的种类形状较特殊，可分解为几部分，分别按相似图形求算后相加（参见表 5-2）。

三、生物量的计算

藻类的比重接近于 1，故可以直接由藻类的体积换算为生物量（湿重）。

生物量为各种浮游藻类的数量乘以各自的平均体积，单位为毫克/升或克/米^3。湿重还可通过换算方法转变为干重或其他表示单位。

第三节　浮游植物叶绿素的测定方法

所有绿色植物都含有色素，以进行光合作用。因而测定水样中色素的含量，也是对浮游植物的一个定量方法。

各门藻类虽具有不同的色素组成，但都含有叶绿素 a。叶绿素 a 不仅含量高，而且最重要，是整个光合作用过程中的能量传递中心。因此，主要以叶绿素 a 值作为浮游植物现存量的指标。

过去叶绿素的测定采用三色分光光度法。采用这个方法除测定叶绿素 a 外，还可同时测定叶绿素 b、c 和其他色素的含量。但此法由于计算所得结果较粗，误差大，现已较少采用。目前大多采用 Lorenzen (1967) 提出的单色分光光度法。此法只测定叶绿素 a 的含量，但对脱镁叶绿素 a 的干扰进行了校正。脱镁叶绿素 a 是叶绿素 a 的主要降解产物，结构与叶绿素 a 相同，仅只是在卟啉环上缺失了镁原子。它没有光合活性，但对叶绿素 a 测定有干扰，故通过酸化步骤进行校正。

由于叶绿素测定法比计数法简便和快速，目前已成为一个常用的测定浮游植物现存量的方法。同时，叶绿素值通过一定换算，也可指示初级生产量的大小。

一、水样的采集

用于测定叶绿素的水样的采集方法与用于浮游植物数量测定的相同（参见第一节）。采集的水样量可根据水中浮游植物含量的多少确定，一般采取 0.5—2 升，如浮游植物含量特别低，需增加水样量。

二、水样的保存

水样注入水样瓶后，应避免阳光直射，放在荫凉处。如水样的进一步处理需经较长时间（例如在次日），则应该置低温（0—4℃）保存，并加入 1% 碳酸镁悬浊液，每升水样中加 1 毫升，以

防止酸化。

三、抽　滤

安装好抽滤设备——包括砂芯过滤活动装置（直径 50 毫米的）、抽滤瓶、负压表、真空泵等。在滤器中放入滤膜。滤膜用玻璃纤维滤膜（Whatman GF/C 或相应的型号①）或混合纤维酯微孔滤膜（孔径 0.8 微米）。前者过滤速度快，需过滤水样量大时，应优先采用。如水样中未放碳酸镁液，应在滤膜上先抽滤约 0.5—1 毫升的碳酸镁液以防止酸化。抽滤时负压应不大于 0.5 大气压（50 千帕）。

抽滤完毕后，用镊子小心地取下滤膜，将其对折（有浮游植物样品的一面向里），再用普通滤纸吸压，尽量去除滤膜水分。如不立即提取，应将滤膜放在黑暗低温条件下保存。在普通冰箱冷冻室中可保存几天；在－20℃低温冰箱中可保存 30 天。

四、提　取

样品先经研磨，可提高色素提取效果。研磨可用玻璃研钵或玻璃匀浆器。将滤膜剪碎，放入研钵或匀浆器，加入 7—8 毫升提取剂，研磨几分钟。将研磨后的匀浆物移入具塞带刻度的离心管中。用少量提取剂冲洗研钵或匀浆器，冲洗液并入离心管中，使最终容积略小于 10 毫升。盖上管塞，摇动后置黑暗低温处。

提取液可用 90％丙酮、90％或 100％甲醇、90％乙醇等。一般最常用的是丙酮。近年来国际上有关专家通过研究试验，从提取效率、安全、保健等考虑，建议今后不使用丙酮，而改用乙醇作提取剂。我国多年来大多使用丙酮，考虑到资料的可比性，目前仍可继续使用。

提取时间应不少于 6 小时（乙醇或甲醇）或 20 小时（丙酮），不多于 24 小时。

---

① 目前国产的“79”型空气滤膜可代用。

五、离　心

将装有提取液的离心管放入离心机中，在转速 3 500—4 000 转/分下离心 10—15 分钟。将上层叶绿素提取清液移入定量试管中，再用少量丙酮悬浮沉淀物并离心取得提取清液。重复 1—2 次。最后将提取液定容到 10 毫升。

六、光密度测定

在一定光径（1—3 厘米）的比色皿中读取波长为 665 和 750 纳米处的光密度。750 纳米处的光密度是作为校正其他物质的吸收值用，参比液（提取剂空白）和样品液间的 750 纳米光密度值之差应不大于 0.005。665 纳米处光密度值应在 0.1—0.8 之间。

加 1 滴 HCl 液到比色皿中，在 1—15 分钟内再次测定 750 和 665 纳米处的光密度。

分光光度计的波长精度和光谱带宽对测定结果有较大影响，应注意采用适合的光度计。

七、计 算 结 果

按下列公式计算：

$$C=(E_b-E_a)[R/(R-1)]K\frac{V_e}{VI}$$

$$P_a=(RE_a-E_b)[R/(R-1)]K\frac{V_e}{VI}$$

式中　C——水样中叶绿素 a 的含量（毫克/米^{3}或微克/升）；

P_a——水样中脱镁叶绿素的含量（毫克/米^{3}或微克/升）；

E_b——提取液酸化前波长 665 纳米和 750 纳米处的光密度之差；

E_a——提取液酸化后波长 665 纳米和 750 纳米处的光密度之差；

R——最大酸比，即不含脱镁叶绿素的纯叶绿素 a 提取液在酸化前后光密度比值，$R=E_b/E_a$，目前采用 R 值为 1.7；

K——叶绿素 a 在 665 纳米处的比吸光系数的倒数乘以 1 000。根据目前资料，比吸光系数在 90%丙酮中一般取 89，在 90%乙醇中取 87，在 100%甲醇中取 77，故 K 值相应为 11.24，11.49 和 12.99；

V_e——提取液的总体积（10 毫升）；

V——抽滤的水样体积（升）；

I——比色皿的光径（厘米）。

因上式中 R 和 K 值为已知，如用 90%丙酮作提取剂，比色皿光径为 1 厘米，则上述计算公式可简化为：

$$C=27.3(E_b-E_a)\frac{V_e}{V}$$

$$P_a=27.3(1.7E_a-E_b)\frac{V_e}{V}$$

分光光度法的测定极限为 1 微克/升，如果水中叶绿素含量极低（如贫营养型湖泊水库和海洋），则要用荧光法测定，它的灵敏度至少比分光法要提高 10 倍。

浮游植物的生物量还可通过测定其他化学成分，如碳、氮、磷、蛋白质、酶、ATP 等来求得，但这些方法都还存在不少问题，较难普遍采用，本书中不作介绍。

第四节　浮游植物初级生产量的测定

绿色植物通过光合作用固定太阳能，制造供异养生物利用的有机物质的过程可简单用下式表达：

$$6CO_2+6H_2O \xrightarrow[\text{色素}]{\text{光}} C_6H_{12}O_6+6O_2$$

此过程是整个生态系统中生物生产过程的最初始和最基础的环节，被称为初级生产（原初生产，或基础生产，primary production）。

陆地上植物合成的有机物有一部分可进入水体，但在大多数湖泊、池塘和水库中，主要是由水体本身的浮游植物制造有机物，

进行初级生产。因此，测定浮游植物初级生产量，对了解水体的特点和生产性能具有重要意义。

浮游植物的初级生产量可分为毛生产量（gross production）和净生产量（net production）。毛生产量指浮游植物所合成的全部有机物质量。净生产量是浮游植物的毛生产量减去浮游植物本身呼吸作用消耗后剩余的初级生产量。

根据初级生产过程的简化公式，初级生产量可用氧的产生量、二氧化碳的利用量和有机物的生成量等来测定。目前最常用的是“黑白瓶”测氧法和放射性同位素碳^{14}（^{14}C）法。

一、黑白瓶测氧法

将水样密闭在透光（白瓶）和不透光（黑瓶）的玻瓶中，曝光一定时间后，测定瓶中氧量的变化，计算初级生产量。

（一）采　样

采水器用本章第一节中介绍的采水器。采水器的大小容量应根据所用的黑白瓶的容量来确定，即在作溶氧测定时要求有 2—3 倍的水样溢出水样瓶。例如用 150 毫升的黑白瓶，则采水器容量需要 2 000 毫升以上（150 毫升×3＝450 毫升；每层挂 2 白瓶和 1 黑瓶，再加 1 初始氧瓶，共需灌瓶 4 个；450×4＝1 800 毫升）。

采样层次：为了计算单位面积的水柱生产量，必须在不同水深分层采样。采样层次的确定可用几种方法。

（1）固定层次　在浅水水体（水深 3 米左右，水团混和均匀的），可分为 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0 米几层。深水水体，如透明度在 2 米以下的，也可用固定层次法，即在 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 米处采样，再在较深水层中采 1—2 个样即可。透明度较大的深水水体，则最好根据透明度和水下照度值确定层次。

（2）按透明度值确定采样层次　因浮游植物的光合作用强弱与透明度有关，故可先测定透明度，然后在水表（0.0 米）、透明度的 1/2、1、2、3 倍处采样。

(3) 按水下照度确定采样层次　先测定水表 (0.0 米，水刚淹没照度计探头时) 的照度，然后在水表 (0.0 米)、水表照度的 50%、25%、10%和 1%处的深度分层采样。

因为初级生产量主要在有光的水表层，所以采样层次的安排也应着重于这一层，特别应该注意测到最高的光合作用层。

灌瓶：黑白瓶应选用玻璃质量好、壁薄透明、厚薄均匀、瓶塞密闭好的试剂瓶、定碘锥形瓶、BOD 测定用瓶等。黑瓶在瓶外涂以黑漆、柏油，或粘绕黑胶布，或套黑布袋等，要求完全不透光。

每个层次需灌满白瓶 3—4 个、黑瓶 1 个。白瓶中 1 个作测定初始 (即采样的水中) 溶氧量用，其余的瓶灌满水样后悬挂到原采样水深处。灌瓶方法应按测定溶氧的要求进行。

作测定初始氧量用的水样瓶立即固定，其余水样瓶盖上瓶塞，瓶内不应有任何气泡。已灌满水样尚未放入水中的瓶应放在阴暗处，避免日光直射。

(二) 曝　光

各层次采样和灌瓶结束后，将各层次的黑白瓶按组分别悬挂到原来的采水深度，进行曝光。

挂瓶方法可根据情况自行设计，以保持瓶的垂直和水平位置稳定和不遮光为原则。

水样灌装于瓶中后，瓶中的理化和生物情况是与在天然水体中不同的，而且随着曝光时间的延长，发生越来越大的变化。从这点考虑，曝光时间不宜过长。但曝光时间过短 (不足一昼夜)，又会带来溶氧变化太小、测定误差大以及换算为日产量时的困难和误差。因而一般仍建议曝光 24 小时。在工作条件不允许或生产量和呼吸量极高时，可考虑缩短时间为半天 (日出到中午或中午到日落) 或 4—6 小时 (8—14 时)。

每次测定的开始时间最好相近，如在上午 8—10 时期间。

按预定的曝光时间终止曝光，将黑白瓶取出，按溶氧测定要求固定溶氧，将瓶置放于阴暗容器中，带回实验室滴定溶氧。

如发现瓶中有气泡，在固定溶氧时应将瓶倾斜，小心取出瓶塞，不使气泡逸出，再加入固定剂。

（三）溶氧测定

按水质分析标准方法滴定各瓶中溶氧量。由于黑白瓶测氧法测算初级生产量是根据各瓶中溶氧量的变化和差别，因此溶氧的测定极为重要，特别是测定的精密度（重复性）更为重要。

应根据水样中有机物含量或其他干扰物质的存在情况选择恰当的溶氧测定的修正法。

（四）计算结果

白瓶中有光合作用和呼吸作用。后者不仅包括浮游植物本身的，还包括了所有群落中生物（细菌、浮游动物等）的呼吸作用。黑瓶中则无光合作用而只有呼吸作用。

一般将白瓶中曝光前后溶氧量的变化作为净初级生产量；黑瓶中曝光前后溶氧量的变化作为呼吸作用量。即：

白瓶曝光后溶氧量(LB)－ 初始氧量(IB) ＝ 净初级生产量(P_N)

IB － 黑瓶曝光后溶氧量（DB）＝ 呼吸作用（R）

$$LB - DB = \text{毛初级生产量}\ (P_G)$$

$$P_G = P_N + R = LB - DB$$

$$P_N = P_G - R = (LB - DB) - (IB - DB) = LB - IB$$

（1）单位体积日生产量的计算　如果曝光时间为 24 小时，则上述溶氧值（单位为毫克/升）就成为单位体积日生产量［单位为毫克氧/(升·天)或克氧/(米²·天)］。

如果曝光时间不足 24 小时，则半天曝光时可乘以 2，得日毛生产量（P_G）；日净生产量（P_N）尚需扣除夜晚的 R 值。如曝光时间为 4—6 小时，则需事先确定各该时间内生产量占全日生产量的%值（通过实际测定或由资料查得），再换算为日生产量。

（2）单位面积（水柱）日生产量的计算　水柱生产量是指在 1 米²水面下，从水表面直到水底整个水柱中的生产量。可通过求

积法或平均值积加法求得。

例如，曝光后测得 0.0、0.5、1.0、2.0 和 3.0 米水深处的 P_0 值为 2、4、2、1 和 0 毫克氧/（升·天），则水柱 P_0 值的计算如表 5-3。

表 5-3

水层(m)	水层的平均 P_0(mg/l)	水层的水体积(l)	水层 P_0(mg/l→g/m²)
0.0—0.5	(2+4)/2=3	500	3×500=1 500→1.5
0.5—1.0	(4+2)/2=3	500	3×500=1 500→1.5
1.0—2.0	(2+1)/2=1.5	1 000	1.5×1 000=1 500→1.5
2.0—3.0	(1+0.2)/2=0.6	1 000	0.6×1 000=600→0.6
0.0—3.0			1.5+1.5+1.5+0.6=5.1

得 1—3 米水柱日生产量(P_0)为 5.1 克氧/(米²·天)。如水柱为 3.3，则 3 米以下所有产量应由外推法求得后加上。因此，总水柱日生产量为 5.12 克氧/(米²·天)。

上面以氧量表示的生产量，可换算为其他表示单位，换算因子如下：

1 毫克氧 ≈14.65 焦 ≈ 0.3 毫克碳 ≈ 0.937 5 毫克葡萄糖
≈ 0.88 毫克浮游植物干重

（五）模拟法

当在原水体现场曝光有困难时，可采用模拟法，即在船上或岸上进行曝光条件的模拟。它比上述现场法可节省野外(用船)时间、易于操作和控制条件，但要完全模拟天然水体中的光照等条件也是不可能的。

采样和灌瓶方法与上述现场法一样，灌满水样的黑白瓶不放入现场水体中，而放入可以控制光照和水温的水族箱或其他的容器中。

光源可分为日光和人工光两类。当以日光作光源时，曝光容器放在船上甲板上或岸上室外露天。人工光照则用日光灯。

采用不同的减光滤片遮盖在瓶的上方来模拟各采样深度的光照(辐射量或强度；在现场事先已测定)。减光滤片可用金属网或塑料网、胶片或专门的滤光片。

水温的控制用水浴法，可从水体(在船上模拟时)或蓄水池取水循环，或者用恒温控制设备。

按一定曝光时间曝光，结束后与现场法同样测定溶氧，进行生产量计算。

二、放射性同位素^{14}C法

将含有放射性同位素^{14}C的碳酸盐或重碳酸盐加到水样中，曝光后测定被光合作用所同化的^{14}C的量，根据原水样中总碳酸量和加入的标记碳酸盐量计算出被同化的总碳量。

本法的采样和曝光等基本上与氧法相类似，但灵敏度要比氧法高3个数量级以上，所以在海洋中和贫营养水体中多采用^{14}C法。

^{14}C法是Steemann Nielsen在50年代初提出的，在国外应用较广，我国也有一些单位采用。

(一) 标记化合物"工作液"的制备

常用的标记化合物形式为$NaH^{14}CO_3$或$Na_2{}^{14}CO_3$的水溶液，可直接购买或由$Ba^{14}CO_3$制备。

为了测定生产量，需先制备测定用的"工作液"。把高浓度的$NaH^{14}CO_3$或$Na_2{}^{14}CO_3$液稀释为1—10微居里/毫升的溶液，密封于安瓿中，加以灭菌。

"工作液"必须加以标定，预先测定它的总碳酸浓度和放射性强度。

（二）采　样

采样方法同黑白瓶测氧法。将各层次依次采样并灌瓶，灌瓶后应置放于阴暗容器内。

（三）加入标记化合物

用注射器或微量加液器吸取安瓿中“工作液”，注射器针头应长 10—15 厘米。加液时应缓慢加入瓶底。立即盖上瓶塞，记下时间。尽管加入的放射性极小，操作时仍应十分注意。

加入的^{14}C 量与浮游植物的多少、光照、温度、曝光长短、过滤水样量等有关。在一般中等生产力的水体中，如曝光 4 小时，过滤 50 毫升水样，则 125 毫升的瓶中以加入 1—3 微居里较为合适。

加液和盖塞后，检查瓶塞是否盖紧，再加封以防脱落。反复颠倒瓶子摇匀。将瓶子按层次固定后放入水中曝光。

上述操作应尽量快速并在阴暗处进行。

在采样时同时测定碱度和 pH 值，供计算水中总碳酸量用；或者用红外分析仪直接测定水中总碳酸量。

（四）曝　光

曝光方法同黑白瓶测氧法。曝光时间不超过 6 小时。曝光结束后立即取出瓶子，放入避光暗箱中。

（五）过　滤

尽快自每一瓶中用吸量管取出一定量的水样，在过滤装置中过滤，滤膜为微孔滤膜（参见叶绿素测定部分），孔径 0.45 微米，负压小于 0.5 大气压。过滤后用少量水清洗滤器内壁。水样过滤完后应尽快去除负压以防止滤膜受空气干燥。过滤过程应在阴暗处进行。

过滤的水样量要根据浮游植物多少确定，在滤膜上有少许藻类显示的颜色即可。过滤量太大，在滤膜上藻类层太厚时，β-射线

的自吸收将增大。一般过滤 50 毫升已足够，贫营养水可增加到 100 毫升，富营养水则可减少到 10 毫升。

将滤膜用镊子取下，放在计数盘上，用扣环将滤膜固紧，放入干燥器中在室温下干燥 6—24 小时。将干燥后的滤膜放在盐酸蒸气上 1—10 分钟，除去残存的^{14}C 沉积物后再加干燥。

如果过滤这一步骤不能立即进行，可在曝光结束后在水样中加入福尔马林等固定剂。但经过固定后的水样光合产物的细胞外排泄量将增加，故应尽量避免固定而尽快直接抽滤。

（六）放射性测定

可采用底窗盖革-缪勒（G-M）计数器或液体闪烁计数器（LSC）。后者的计数效率显著高于前者（50—85%），现已被更多应用。

关于放射性测定技术，请参阅有关书籍。

（七）细胞外排泄物的测定

生活的浮游植物经常地向外释放溶解性有机产物，在对水样固定和过滤过程中更有所增加，这是用^{14}C 法测定初级生产量时的一个误差来源。这部分外排泄物的量可占总同化量的百分之几到 90%以上，在贫营养水中或受到强光照抑制时，所占比例极高。

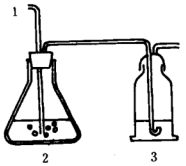


图 5-3　通气装置　1. 空气泵；2. 滤液；3. 碱收集器（氢氧化钡液＋酚酞指示剂）

将前述过滤后的滤液〔参见第 354 页(五)〕收集在锥形瓶中，加入 0.5 摩尔/升 HCl，使 pH 值为 4，然后在通气装置(图 5-3)中通气(通气量为 300 毫升/分)约 30—40 分钟以去除未同化的^{14}C。

将去除无机态^{14}C 后的滤液中加入 0.5 摩尔/升 NaOH，使 pH 值约为 10。然后取出少量液体进行放射性测定，求出外排出物的量。

如果不需要区分细胞和细胞外排出物的量时，则可直接将曝光后的水样(不经过滤)在经过去除$^{14}CO_2$ 的处理后测定放射性。

(八) 计算结果

按下式计算：

$$\text{同化的碳量}(X)=\text{可利用总碳量}(a)\times\frac{\text{白瓶中同化的}^{14}C\text{ 量}(b)}{\text{加入的}^{14}C\text{ 量}(c)}$$

a——由碱度和 pH 值计算或直接测定(毫克碳/升)；

b——[(滤膜总计数值/秒$\times k_1$)－(本底值$\times k_1$)]×(同位素影响校正系数 1.06)；k_1 为过滤水样量校正系数，k_1=[(瓶容量－加入的工作液量)/过滤水样量]。

例如，曝光用瓶容量为 133 毫升，加入 1 毫升工作液，过滤水量为 50 毫升，则 $k_1=(133-1)/50=2.64$；由于 ^{14}C 要比 ^{12}C 质量略重，它被同化也要比 ^{12}C 慢 6%，故要乘以同位素影响校正系数 1.06；

c 的计算方法为

$$c=\frac{(\text{加入的微居里}^{14}C)\times(^{14}C\text{ 的衰变/秒})}{\text{计数器效率系数}}$$

每微居里^{14}C 的衰变率为常数 3.7×10^4/秒，计数器效率系数＝1/计数器效率。例如，计数效率为 24.4%，则计数器效率系数为 4.09；

举例说明计算方法如下。

每一瓶中加入 1 毫升 $NaH^{14}CO_3$，其放射性强度为 4.36 微居里/毫升。计数器效率为 24.4%。曝光后测定结果(见表 5-4)：

表 5-4

	计数值/s	瓶容量(ml)
白瓶 1	75.2	126
白瓶 2	74.1	132
黑瓶	1.3	123

过滤水样 50 ml，水中可利用总碳量为 12.32 mg/l；则

$a=12.32$

$$b=\left\{\frac{(75.2\times125/50)+(74.1\times131/50)}{2}-(1.3\times123/50)\right\}\times1.06$$

$$=187.87\times1.06=199.14$$

$$c=(4.36\times3.7\times10^4)\div4.09=39\ 442.54$$

$$X=12.32\times\frac{199.14}{39\ 442.54}=0.062\ 20\text{mgC/l}=62.20\text{mgC/m}^3$$

如曝光的时间为 4 小时，则初级生产量为 62.21 毫克碳/(米^3×4 小时)。

用 ^{14}C 法测得的数值，究竟是毛生产量或净生产量，还难下定论。一般认为，这是一个介于毛生产量和净生产量之间的值。

第六章　浮游动物现存量和次级生产量的测定方法

水体中存在的浮游动物个体数，它们的体重以及发育时间是测定浮游动物现存量和生产量必不可少的基本数据。为使获得的数据正确、可靠，同时也便于不同水体之间进行比较，本章对测定方法所依据的原理、一般操作规程作一简要介绍。在调查时必须根据研究目的及研究对象的生态习性而采取相应的工作方法。

第一节　现存量的测定方法

现存量是指单位面积或体积中所存在生物体的数量或重量。现存量若以个体数表示则可称为丰度（abundance）；若以重量表示则可称为生物量。

一、采　集

采集水体中的浮游动物有两种方法：一为用采水器采水后沉淀分离；二为用网过滤。前者适用于原生动物、轮虫等小型浮游动物；后者可用于枝角类、桡足类等甲壳动物。

（1）设站　根据浮游动物的分布设站。如果研究目的仅限于了解水体中浮游动物的丰歉而为合理放养提供依据，那么可根据水体的形态划分不同的区域，然后根据不同区域所占的份额，按比例取混合水样。如果研究目的是要了解水体中各区域浮游动物现存量的分布，以便对渔业生产进行合理布局，则另当别论。

（2）采水层次　由水体的深度决定。切不可只采一个表层或一个底层水样。据夏季调查，东湖Ⅱ站（水深 4 米左右），在 0—2 米的水层中，甲壳动物的数量约占 31%，而 2 米以下的水层占 69%左右。同时还发现，在夏季，一般幼体喜欢在表层，成体则

在深层。尽管这种分布格局因时因地而变，但浮游动物存在垂直分布却是一个普遍现象。由此可见，如果只取表层水样就不能正确地测算浮游动物的现存量。但是如果每隔 0.5 米或 1 米取一个水样，则计数工作量又相当大。一个折衷的办法是每隔 0.5 米或 1 米，甚至 2 米取等量水样加以混合，然后取出一部分作为浮游动物定量之用。如东湖水深 4.2 米，则在 0、1、2、3、4 五个水层各取 10 升水样加以混合，用 25 号浮游生物网过滤后供该站甲壳动物定量之用；依上法各取 1 升水样均匀混合和取其 1 升沉淀作为原生动物、轮虫定量样品。

许多水库或深水湖泊，水深 20 米以上，这种水体在夏季及冬季存在温跃层（或称变温层）。由于在温跃层以下缺乏光照，浮游植物数量极少，植物赖以生存的浮游动物数量也相应减少。如果从养殖业角度而言，只取温跃层以上的水层就足够了。

（3）采水量　浮游动物不但种类组成复杂，而且个体大小相差也极悬殊。大的浮游动物，如透明薄皮溞（*Leptodorakindti*）可达 10 毫米以上，肉眼可见；小的如原生动物，只有 20—30 微米，只能在足够倍数的显微镜下方能观察清楚。它们在水体中的数量也极不同。原生动物从几百个到几万个，一般为几千个；轮虫从几十个到上万个，一般为几百个；甲壳动物从几个到几百个，一般为几十个。因此要根据它们在水体中的不同密度而采不同的水量。目前，最常用的采水量，计数原生动物、轮虫的水样以 1 升为宜，枝角类、桡足类则以 10—50 升水样较好。

（4）采集时间　采样的时间要尽量保持一致。一般在上午 8：00—10：00进行为好。至于采集的次数由研究的目的及人力决定。在长江中下游地区，如果一年采集 4 次，则春、夏、秋、冬各一次；如果一年只采一次，而且调查的目的主要是为了了解水体中的供饵能力，则应在秋季(9—10 月)进行为好。这是因为 9—10 月正是鱼类摄食旺季，鱼类生长最佳时期，如果此时有较高的现存量，则可认为该水体中有较大的供饵能力，尚可继续增产。

浮游动物样品的固定，原生动物和轮虫可用碘液或福尔马林，

加量同浮游植物样品（一般可与浮游植物合用一样品）。枝角类和桡足类用福尔马林或波恩氏液。原生动物、轮虫的种类鉴定需活体观察，为方便起见，可加适当的麻醉剂，如普鲁卡因、乌来糖（尿烷），也可用苏打水等。

二、沉淀和滤缩

把水样中的浮游动物浓缩到小的体积中，一般采用沉淀和滤缩的方法。

（1）沉淀法　操作方法与浮游植物定量样品的沉淀和浓缩方法相同。即在筒形分液漏斗中沉淀 48 小时后，吸取上层清液，把沉淀浓缩样品放入试剂瓶中，最后定量为 30 或 50 毫升。一般原生动物和轮虫的计数可与浮游植物的计数合用一个样品。

（2）过滤法　甲壳动物一般个体较大，在水体中的密度也较低，通常用过滤法浓缩水样。在此，有两点值得注意：首先必须用 25 号浮游生物网作过滤网；其次，应当有过滤网和定性网之分。避免用捞定性样品的网当作过滤网。在不得已的情况下，一定要先作定量样品，后采定性标本。如果再次过滤样品时，一定要反复洗尽后方可应用。同时切记，用 25 号网过滤的水样，不能当作计数原生动物或轮虫的定量样品之用。在野外采集时，必须遵循先采定量样品，后捞定性标本的原则。

三、计　数

进行浮游动物计数的主要仪器是显微镜和计数框。一般国产显微镜只要物镜配套，对移动台略加改进即能应用。计数原生动物用 0.1 毫升计数框；计数轮虫和甲壳动物用 1 毫升计数框。

（1）原生动物、轮虫的计数　计数时，沉淀样品要充分摇匀，然后用定量吸管吸 0.1 毫升注入 0.1 毫升计数框中，在 10×20 的放大倍数下计数原生动物；吸取 1 毫升注入 1 毫升计数框中，在 10×10 的放大倍数下，计数轮虫。一般计数两片，取其平均值（参阅浮游植物章节）。

（2）甲壳动物的计数　甲壳动物指枝角类、桡足类。按上述方法取10—50升水样，用25号浮游生物网过滤，把过滤物放入标本瓶中，并洗三次，所得的过滤物亦放入上述瓶中。在计数时，根据样品中甲壳动物的多少分若干次全部过数。如果在样品中有过多的藻类，则可加伊红（Eosin-Y）染色。

这里需要提出的是无节幼体的计数问题。无节幼体是桡足类的幼体，据初步统计它们的数量占整个桡足类总数的40—90%，平均为75%。无节幼体一般很小，与轮虫相差无几，甚至有的还小于轮虫和原生动物。在样品中如果桡足类数量不多，可和枝角类、桡足类一样全部计数；如果桡足类数量很多，全部过数花时太多，那么可把过滤样品稀释到若干体积后，并充分摇匀，再取其中一部分计数，计数若干片取其平均值，然后再换算成单位体积中个体数。无节幼体亦可在1升沉淀样品中，用轮虫相同的计数方法进行计数。

换算公式　把计数获得的结果用下列公式换算为单位体积中浮游动物个数：

$$N=\frac{V_s n}{V V_a}$$

式中　N——1升水中浮游动物个体数（个/升）；

V——采样体积（升）；

V_s、V_a——沉淀体积（毫升）、计数体积（毫升）；

n——计数所获得的个体数。

例如取1升水样，浓缩至30毫升，计数之前充分摇匀后吸取0.1毫升样品，计数原生动物两片，获得平均值为50个，吸取1毫升样品计数轮虫，计数两片获得平均值为30个，则

1升水中原生动物为

$$\frac{30\times 50}{1\times 0.1}=15\ 000\text{（个）}$$

1升水中轮虫数量为

$$\frac{30\times 30}{1\times 1}=900\text{（个）}$$

又如取 20 升水样，经 25 号浮游生物网过滤后，滤缩标本全部计数得各种枝角类 50 个；桡足类成体、幼体 80 个，无节幼体 400 个，则

1 升水中枝角类为

$$\frac{50}{20}=2.5\text{（个）}$$

桡足类为

$$\frac{480}{20}=24\text{（个）}$$

无节幼体如在 1 升沉淀样品中计数，则和轮虫一样换算；如在 20 升过滤样品中分次级样品计数，则按同样的原则进行换算。

四、体重的测定方法

由于浮游动物大小相差极为悬殊，因此不分大小、类别而只列出一个浮游动物总数有较大的片面性，不能客观地评价水体的供饵能力。以武汉东湖为例，若以个体数表示，原生动物占 85% 以上，甲壳动物处于微不足道的地位；若以生物量表示，则原生动物仅占 10—20%，而甲壳动物占 50%以上。为了正确地评价浮游动物在水生态结构、功能和生物生产力中的作用，生物量的测算显得尤为必要。目前，测定浮游动物生物量主要有体积法、排水容积法和直接称重法。

(1) 体积法　本方法就是把生物体当作一个近似几何图形，按求积公式获得生物体积，并假定比重为 1，这就得到体重。这种方法在原生动物、轮虫中广为应用。轮虫的体形有圆形、椭圆形、球形、矩形、锥形等，在活体情况下，在解剖镜下将所需的轮虫种类用毛细管吸出，放在载玻片上，加入适量的麻醉剂（如苏打水），使其呈麻醉状态；或将玻片上的水徐徐吸去，吸到轮虫仅能作微小范围运动为止，然后把载玻片放在显微镜下（不加盖玻片），用目测微尺测量其长和宽；轮虫的厚度亦可通过显微镜微调进行近似测量。测量长、宽、厚的方法见图 6-1。

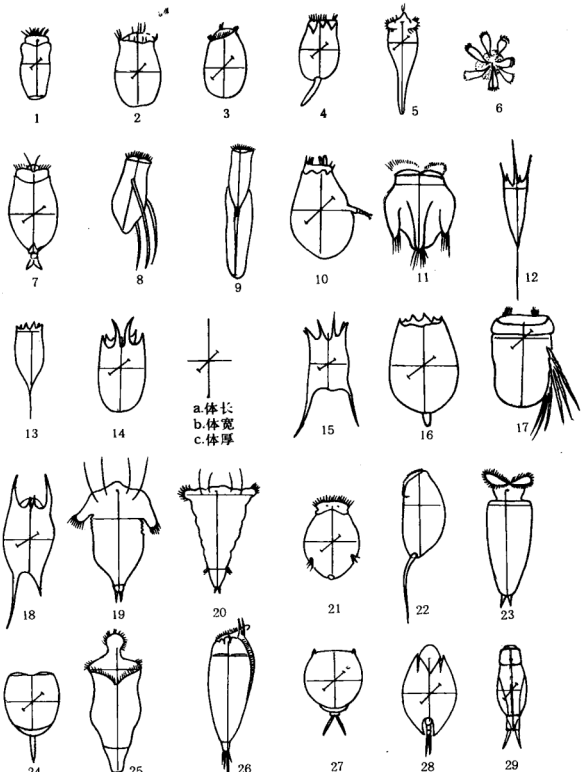


图 6-1　轮虫体积测定方法示意图

萼花臂尾轮虫是各类水体中一种最常见的浮游性轮虫，体形近似椭圆形，求积公式为

$$V=\frac{4}{3}\pi r_1 r_2 r_3$$

式中 V 为体积，r_1 为体长的 1/2，r_2 为体宽的 1/2，r_3 为体厚的 1/2。并设长为 $a=2r_1$、宽为 $b=2r_2$、厚为 $c=2r_3$，则体积 $V=0.52abc$。

在活体情况下，根据 50 个体测定，获得平均体长 a 为 233.19 微米，体宽 b 为 151.52 微米，体厚 c 为 86.8 微米。由此计算获得 $b=0.65a$，$c=0.37a$

代入上式则获得以体长 a 为单位的简化公式：

$$V=0.125a^3\approx 0.13a^3$$

因此，在实际工作中，只要测量体长就可直接计算出轮虫的近似体积，并假定比重为 1，则可求得轮虫的体重。

表 6-1　淡水常见轮虫的求积公式

种　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重 (μg)
		当	则		
长三肢轮虫 *Filinia longiseta*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.5a$	$V=0.13a^3$	4	0.284
较大三肢轮虫 *F. maior*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.47a$	$V=0.12a^3$	3	0.166
螺形龟甲轮虫(有棘) *Keratella cochlearis*	1/2 锥形 $V=0.13ab^2$	$b=0.41a$	$V=0.02a^3$		0.027
螺形龟甲轮虫(无棘) *K. cochlearis*	1/2 椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.56a$ $c=0.45a$	$V=0.13a^3$		0.0344
矩形龟甲轮虫 *K. quadrata*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.7a$ $c=0.33a$	$V=0.23a^3$	5	0.431

（续表 6-1）

种　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重（μg）
		当	则		
曲腿龟甲轮虫 *K. valga*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.64a$ $c=0.37a$	$V=0.24a^3$	3	0.258
蹄形腔轮虫 *Lecane ungulata*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		1.717
尖趾单趾轮虫 *Monostyla closterocerca*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		0.049
梨形单趾轮虫 *M. priformis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.8a$ $c=0.4a$	$V=0.17a^3$		0.091
奇异巨腕轮虫 *Pedalia mira*	锥　形 $V=0.26ab^2$	$b=0.75a$	$V=0.13a^3$	33	0.205
玫瑰旋轮虫 *Philodina roseola*	锥　形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个个体测量			0.236
针簇多肢轮虫 *Polyarthra trigla*	平行六面体 $V=abc$	$b=0.68a$ $c=0.39a$	$V=0.27a^3$	10	0.331
沟痕泡轮虫 *Pompholyx sulcata*	圆柱形 $V=0.4abc$	$b=0.7a$ $c=0.5a$	$V=0.15a^3$		0.127
前额犀轮虫 *Rhinoglena frontalis*	锥　形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.353
裂足轮虫 *Schizocerca diversicornis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.62a$ $c=0.19a$	$V=0.06a^3$	10	0.524
梳状疣毛轮虫 *Synchaeta pectinata*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量		2	4.19
尖尾疣毛轮虫 *S. tremula*	锥　形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.76

（续表 6-1）

种　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重（μg）
		当	则		
长圆疣毛轮虫 *S. oblonga*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			1.158
脾状四肢轮虫 *Tetramastix opoliensis*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.461
刺盖异尾轮虫 *Trichocerca capucina*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.374
暗小异尾轮虫 *T. pusilla*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab^2$	a、b 必须逐个测量			0.045
裂痕龟纹轮虫 *Anuraeopsis fissa*	截锥形 $V=0.33abc$	$b=0.5a$ $c=0.2a$	$V=0.03a^3$		0.013
卜氏晶囊轮虫 *Asplanchna brightwelli*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.62a$	$V=0.2a^3$		52.43
前节晶囊轮虫 *A. priodonta*	变形椭圆形 $V=0.52ab^2$	$b=0.63a$	$V=0.21a^3$		16.74
角突臂尾轮虫 *Brachionus angularis*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.76a$ $c=0.39a$	$V=0.15a^3$	10	0.408
萼花臂尾轮虫 *B. calyciflorus*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.65a$ $c=0.37a$	$V=0.13a^3$	10	2.50
剪形臂尾轮虫 *B. forficula*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.6a$ $c=0.4a$	$V=0.12a^3$	20	0.13
壶状臂尾轮虫 *B. urceus*	一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.82a$ $c=0.33a$	$V=0.14a^3$	10	1.02
敞水胶鞘轮虫 *Collotheca pelagica*	锥　形 $V=0.26ab^2$	$a=6.5b$	$V=1.7b^3$	200	0.261

（续表 6-1）

种　类	几何图形及计算公式	简化公式		附属物占体重的%	个体重（μg）
		当	则		
独角聚花轮虫（个体） *Conochilus unicornis*	锥　形 $V=0.26ab^2$	a、b 必须逐个个体测量			0.174
独角聚花轮虫（群体） *C. unicornis*	球　形 $V=4.2a^3$				81.32
田奈同尾轮虫 *Diurella dixon-nuttalli*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab$	a、b 必须逐个个体测量			0.177
对棘同尾轮虫 *D. stylata*	圆柱形＋锥形 $V=0.52ab$	a、b 必须逐个个体测量			0.103
大肚须足轮虫 *Euchlanis dilatata*	1/2 一般椭圆形 $V=0.52abc$	$b=0.59a$ $c=0.31a$	$V=0.1a^3$		2.84

（2）排水容积法　本方法根据水不可压缩的原理，用类似 Tranten 氏描述的装置来测定的。这种设置是一根改短的滴定管，直径 1.5 厘米，长 20 厘米。样品容器为一管状物，由黄铜框架和孔径为 112 微米的网衣组成。先把该容器放入上述改短了的，已知液体体积的滴定管中以获得空容器的体积，然后把采得的浮游动物，放入该容器，尽量用力摔出粘附在样品空隙中的液体，量其体积，如此重复 5 次，平均后则获得浮游动物的体积。

（3）沉淀体积法　本方法很简单，把用网具捞取的浮游动物样品放在有刻度的滴定管中，经一定时间沉淀后读出沉淀体积。

排水容积法和沉淀体积法所获得的是浮游物（seston）的总体积。如果水体中大型浮游动物占优势，则有较大的正确性；应用本法采水量要大，样品量越大就越正确。

（4）直接称重法　几何图形法和容积法获得只是近似值，有时有较大的误差。直接称重法就是把要测重的生物体，用微量天

平，直接称其体重。本方法虽然在技术上存在较大的困难，但由于它的正确性，日益受到人们的重视，已成为普遍接受的测算方法。浮游动物的湿重由于很难掌握吸水的程度，以及各种动物本身水分含量的不同，所以亦存在误差。近代，随着电子天平的问世，由于它的分度值可达 0.1 微克，人们越来越重视测定浮游动物的干重，并认为它是较为可靠的质量标志。

1）原生动物、轮虫体重的测定方法。当某种原生动物或轮虫种群出现高峰时，用网捞取并在解剖镜下用适当口径大小的吸管逐个吸出并放在滤膜上，水要尽量少且越干净越好。载有原生动物或轮虫的滤膜放在恒温干燥箱中（70℃左右），干燥 24 小时后，用解剖针把滤膜上的动物逐个挑出，放在已称重的铂片上，并迅速地在电子天平上称重，即可获得每个原生动物或轮虫的平均值。

2）甲壳动物体重的测定方法。把新鲜的或用 4%福尔马林固定的标本（如为固定标本，则需在水中漂洗 1 小时），通过不同孔径的铜筛作初步分级，筛选出不同的规格级。然后在解剖镜下，仔细挑选体型正常，规格接近的个体集中在一起，枝角类测量从头部顶端（不含头盔）至壳刺基部；桡足类测量从头部顶端至尾叉末端的长度（见图 6-2），把体长基本一致的个体放在已称至恒重的薄玻片上（玻片越轻越好）。根据个体的大小确定称重个体的数目，一般为 30—50 个，体长小于 0.8 毫米的个体则称重 150 个以上。如有电子天平，则称重个体可适当减少。把待称重的标本选好后，用滤纸吸到没有水痕的程度，迅速在天平上先称其湿重；后在恒温干燥箱中（70℃左右）干燥 24 小时后，再放在干燥器中 2 小时，然后把样品再放在天平上称其干重，并应用统计方法获得相应的体长-体重回归方程式。表 6-2 中列出了常见甲壳动物的体长-体重回归方程。不论原生动物、轮虫或甲壳动物，同一种类的体重有时相差很大，除方法学上问题外，生态环境的不同，亦是一个重要原因。因此，凡有条件的单位都应对研究水体中浮游动物的优势种类进行测算。

枝角类的卵一般较大，可直接从孵育囊中取出，称其湿重和

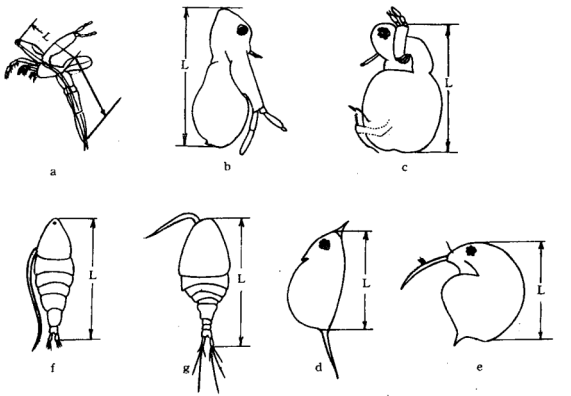


图 6-2　几种甲壳动物体长的测定方法

a——透明薄皮溞；b——秀体溞；c——裸腹溞；d——溞；
e——象鼻溞；f——哲水蚤；g——剑水蚤；L——体长(mm)

干重；桡足类的卵一般较小，但均为球形，用体积法亦可获得较佳结果。用目测微尺量出卵的平均直径后，代入球体公式：

$$V=\frac{1}{6}\pi D^3$$

D 为卵的平均直径，V 为卵的体积。再按卵的比重为 1.05 求得卵的重量。

桡足类的卵重还可根据怀卵雌体与非怀卵雌体重量之差获得卵囊的重量，然后再除以卵囊中的卵数，则获得实际卵重。

顺便指出，浮游动物干重占湿重的百分比变化很大，从已知

表 6-2　淡水常见枝角类体长与体重回归方程

$\lg W = b\lg L + a$　W:体重　L:体长(mm)

种　类	体长与湿重 (mg)					体长与干重 (μg)			
	体长范围	频数	b±95%置信限	a	相关系数	频数	b±95%置信限	a	相关系数
透明	0.70—2.50	52	3.0440±0.1567	−1.3329	0.98	52	3.0188±0.1234	0.6254	0.97
隆线　一亚种	0.80—2.10	54	3.1253±0.1855	−1.3964	0.98	52	2.9264±0.1377	0.5248	0.99
蚤状	1.50—3.30	19	2.3288±0.6821	−0.8599	0.87	19	2.7538±0.3590	0.9971	0.96
隆线	0.70—2.80	67	3.2430±0.1564	−1.1326	0.99	65	2.7654±0.1764	0.9312	0.98
大型	0.80—4.00	53	2.8032±0.1158	−1.0897	0.98	53	2.7472±0.1555	0.8186	0.98
某种	1.00—1.70	13	2.5202±0.5998	−1.1232	0.94	13	2.1004±0.3629	0.6684	0.97
属	0.70—4.00	258	2.8501	−1.1261		254	2.7394	0.7949	
近亲裸腹	0.35—1.40	19	2.3578±0.3859	−1.0871	0.97	19	2.3919±0.3581	0.8899	0.95
微型裸腹	0.39—0.92	14	2.3804±0.3521	−1.1015	0.96	14	2.2135±0.2686	0.8668	0.98
多刺裸腹	0.44—1.20	20	2.4034±0.1537	−1.0572	0.99	20	2.2352±0.1854	0.9300	0.97
裸腹　属	0.35—1.40	53	2.3814	−1.0813		53	2.3294	0.8962	
长额象鼻	0.27—0.55	7	2.6723±0.6705	−0.7339	0.95	7	2.3963±0.8426	1.2424	0.94
透明薄皮	1.80—7.80	42	2.3660±0.2815	−1.7234	0.95	42	2.0168±0.2378	0.1748	0.95
秀体　属	0.48—1.35	17	1.7300±0.3582	−1.3771	0.93	17	2.0411±0.2579	0.6462	0.97

的数据来看，桡足类干湿比比值平均变动范围为 9.06—22.04%，总平均为 13.85%；枝角类为 5.01—12.40%，一般为 8—10%。普遍的规律是：个体越大，干湿比值越低；个体越小，干湿比值越高。平均体长为 198—291 微米的无节幼体干湿比比值为 11.67—15.09%；平均为 13.56%；体长为 300—500 微米的长额象鼻溞平均干湿比值为 12.04%。体长达 5—12 毫米的透明薄皮溞的干湿比值仅为 5.01%。

甲壳动物的卵所含的水分较少，且为球形，所以干湿比值较高。桡足类卵的干湿重比值为 24.35%；枝角类为 30%。

第二节　次级生产量的测定方法

一、基本原理

浮游动物是消费者生物，所以它们的生产物量称之为次级生产量。这是指消费者生物在一定的时间和空间内所积累的生物量。这里举一个理想种群的数量变动，以此计算该种群的生产量。

某种群有 10 个个体，则 $N_0=10$，假定它们同时孵化，因而有同样的干重 m_0，该种群的生物量 N_0m_0。同时又假定该种群以同样的生长速度增长，直到某一个体死亡，或被其他捕食者捕食，设这时动物的干重为 m_1，即图 ABCD 长方形的面积。因此，动物的数目和生物量增长量之乘积就是该种群的生产量。

如果留下 9 个动物个体继续以同样的速度增长，直到第二个个体死亡或被其他生物捕食。此时动物干重为 m_2，那么，第一和第二个动物死亡之间的生产量为 $9(m_2-m_1)$，就是 EFCG 所包围的面积。如此类推，直至 10 个动物全部死亡，该种群的生产量为：

$$P=N_0(m_1-m_0)+N_1(m_2-m_1)+\cdots+N_{i-1}(m_i-m_{i-1})$$

式中　N_0——从卵孵化至第一个个体死亡时的种群数；

N_1——从卵孵化至第二个个体死亡时的种群数；

N_i——从卵孵化直到第 i 个个体死亡时的种群数；

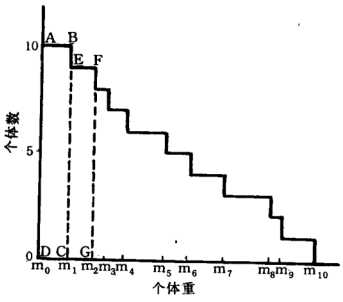


图 6-3　用累计总增长计算次级生产示意图

m_1——第一个个体死亡时的个体重；

m_2——第二个个体死亡时的个体重；

m_i——第 i 个个体死亡时的个体重。

上述简单例子说明了计算种群次级生产量的基本原理。可见，计算次级生产的公式是简单的，在文献中看到有繁复的公式，众多的推导，是因为自然界的种群并不象上例如此简单，但原理却是相同的。

可见，浮游动物的生产量是个动态的参数，它能阐明种群在单位时间内的增长和积累。因此，测定水体中浮游动物的次级生产可为水体的合理利用，污染的检测提供科学依据。

二、不同发育阶段发育时间的测定

次级生产量是单位时间内生物量的增长量，因此，测定各发育阶段的发育时间是一项重要的工作内容。浮游动物是变温动物，它们的发育时间随温度高低而变。同时，这些动物的胚胎和胚后发育过程有本质上的不同。胚胎发育由于不从外界摄取营养，所以发育时间的长短与温度的高低呈函数关系；胚后发育由于从外界获得食物，所以它的发育时间与温度和食物均密切相关。

（一）胚胎发育时间

（1）轮虫卵发育时间的测定　在新鲜的水样中，迅速地选择10—40 个怀卵的个体，分别培养于容量为 1 毫升左右的小培养皿中，用经 25 号浮游生物网过滤的原水体的水作为培养液，把这些

容器置于恒温水浴或恒温培养箱中，一般不添加藻类，配备适当的光照(600—1 200 勒克斯)。根据培养温度的高低，每隔 2—4 小时，在解剖镜下观察并记录没有孵化卵的数目，并以此作为横坐标，经历的累计时间为纵坐标，求其双变量回归方程，方程之截距即为卵的发育时间。

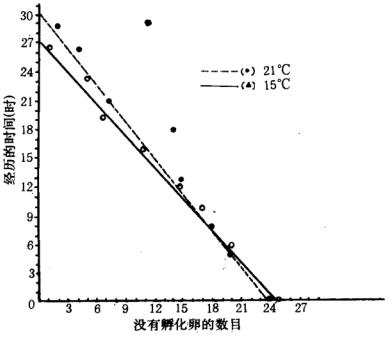


图 6-4　轮虫卵的发育时间

对于那些把卵产在水生植物和碎片上的轮虫，则可把成体置于培养箱中并添加一定量的食物，然后观察其产卵的时间，并跟踪其卵的发育直至孵化，便可获得它的发育时间。

试验结果表明：凡是卵携带在体外的各种轮虫，在相同的培养温度下，卵的发育时间比较一致；而那些把卵产在水生植物或碎片上的种类，卵的发育时间比前者要短。

通过对不同培养温度所获得的不同发育时间，并用统计方法获得回归方程。这样，便可在一定的温度范围内获得任意温度下卵的发育时间。

(2) 枝角类卵发育时间的测定　把采集来的样品挑选几个行动活泼，发育正常的怀卵雌体，放在容量为 50 毫升的烧杯中，以原

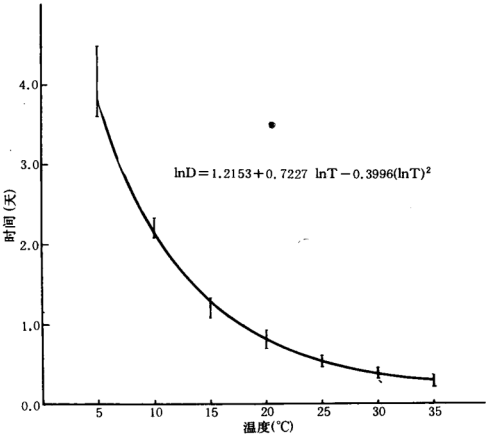


图 6-5　东湖常见轮虫卵的发育时间与温度间关系

水体的过滤水作为培养液，把培养杯置于恒温水浴中，有一定的光照和食物，在解剖镜下经常观察并记录从卵巢发育成熟的卵母细胞，通过输卵管排入孵育囊的时间。当培养温度在 20℃以上时，每 3 小时观察 1 次；15℃以下，1 天观察 2 次，直至幼体从后腹部排出为止。一般观察 20 个个体并取其平均值，即为卵的发育时间（准确地说，应为卵和胚胎的发育时间）。然后和轮虫一样，以不同培养温度作为横坐标，发育时间为纵坐标作图，并用统计方法求其回归方程。这样，便可在一定的温度范围内获得任意温度下卵的发育时间。

（3）桡足类卵发育时间的测定　将采集或培养所得的带卵囊的雌体单个放进容量为 70—80 毫升的大试管中，以原水体过滤的

水作为培养液，把试管放于恒温水浴中，用 2 支 40 瓦的日光灯管供光照，光照时间为 10—12 小时。记录从卵排出到第一无节幼体期所经历的时间，其平均值即为卵的发育时间。卵的发育时间与温度呈负相关。东湖 7 种常见桡足类卵的发育时间与温度关系方程式为

$$\ln D_e = 3.334 - 0.299(\ln T)^2$$

式中 D_e——卵的发育时间(天)；

T——温度(℃)。

(二) 胚后发育时间

(1) 轮虫世代时间的测定　轮虫的世代时间就是从卵孵化开始，经历幼体期、成体期直至排出卵所需的时间。把刚从卵孵化出来的幼体用吸管轻轻吸到容量为 2 毫升的胚胎皿中，加入在实验室中培养的、处于对数期的藻类，使培养液中藻的浓度保持在 2×10^5—4×10^5个细胞/毫升之间；或加入从含藻类丰富的鱼池中采的水样、经离心浓缩后获得的混合藻类。20℃以上一般 2 小时观察一次；20℃以下，3 小时观察一次。记录怀卵及孵化的时间。一般培养 20 个个体取其平均值。

轮虫的胚后发育时间亦随温度升高而缩短。尽管轮虫种类不同，但卵的发育时间与胚后发育时间之比大致为 1∶3（表 6-3）。如果我们把卵的发育时间加胚后发育时间称之为世代时间，那末，前者约占世代时间的 25%，后者约占 75%。

表 6-3　武汉东湖若干种轮虫卵和胚后发育时间

项目 / 种名	培养温度(℃)	实验次数	卵的发育 (D_e,天)	胚后发育 (D_p,天)	世代时间 (D_{e+},天)	$\frac{D_e}{D_e+P}$	实验时间
萼花臂尾轮虫	10	3	2.13	4.87	7.00±0.21	0.30	1983.12
	15	3	1.10	2.19	3.29±0.12	0.33	1984.4
	20	3	0.62	1.34	1.96±0.07	0.32	1983.5

（续表 6-3）

项目 / 种名	培养温度(℃)	实验次数	卵的发育 (D_e,天)	胚后发育 (D_r,天)	世代时间 (D_{e+r},天)	$\frac{D_e}{D_e+P}$	实验时间
	25	4	0.48	1.02	1.50±0.07	0.32	1983.6
	30	4	0.34	0.49	0.83±0.04	0.41	1983.7—8
	35	3	0.22	0.40	0.62±0.05	0.35	1983.7—8
角突臂尾轮虫	25	9	0.44	1.05	1.49±0.19	0.30	1985.5
针簇多肢轮虫	20	11	0.84	1.95	2.79±0.08	0.30	1985.5
	25	7	0.37	1.12	1.49±0.23	0.33	1985.5
较大三肢轮虫	20	4	0.65	1.87	2.52±0.05	0.26	1985.5
尖尾疣毛轮虫	20	2	0.43	1.29	1.72±0.05	0.25	1985.5
	25	4	0.28	0.86	1.14±0.09	0.25	1985.5
大肚须足轮虫	25	4	0.41	1.32	1.73±0.06	0.24	1985.5
卜氏晶囊轮虫	20	5			1.73±0.08		1983.5—7
	25	11			1.07±0.02		1983.5—7
	30	7			0.64±0.03		1983.5
椎尾水轮虫	10	1			7.62±0.28		1983.2

（2）枝角类胚后发育时间的测定　把刚从卵孵化出来的幼体，挑选 20 个左右放进容量为 50 毫升的小烧杯中，并添加处于生长期的藻类或鱼池中浓缩的混合藻类（食物浓度和光照与培养轮虫相同）。观察时间亦随温度的高低而异。

枝角类的生长是不连续的，它们体长的增长仅在脱皮后瞬间发生，必须仔细观察脱皮的频率和次数。枝角类一般有 2—5 个幼龄，12—18 个成龄。有人把第一幼龄称为若虫（neonata），第一成龄称为初产龄（primipara）。幼体的发育时间约为卵发育时间的 2—3 倍，而成体发育时间又为卵和幼体发育时间和的 4 倍左右。

（3）桡足类胚后发育时间的测定　把从卵孵化出来的第一无节幼体放入容量为 80 毫升的大试管中，用浮游生物网过滤的原

水体的水作为培养液，把培养容器置于恒温水浴中（每试管放幼体 20—25 个）。同样保持一定的食物浓度和光照。记录从第一无节幼体期到第一桡足幼体期所经历的时间，其平均值即为无节幼体的发育时间。把上述刚发育到第一桡足幼体期（每试管放进 10—15 个）继续进行培养。测量其最终的（达成体）的平均体长（从头胸部顶端到尾叉末端）。记录从第一桡足幼体期到雌性或雄性成熟所需的发育时间，其平均值即为桡足幼体（雌或雄体）的发育时间。在培养桡足幼体时，当进入第三桡足幼体期后，还加进酵母粉（0.3 克/升）。

把刚从第 5 桡足幼体期发育来的雌体分个进行培养，每一雌体配一雄体。记录第一对卵囊出现的间隔时间、卵囊的含卵数、每一雌体一生的产卵次数、以及从成体到死亡所经历的时间。从对武汉东湖实验室培养结果来看，不同温度下桡足类各阶段的平均发育时间与水温呈显著的负相关。水温愈高，发育时间愈短。其回归关系为

$$\ln D_n = 3.879 - 0.24(\ln T)^2$$
$$\ln D_c = 4.210 - 0.247(\ln T)^2$$

式中 D_n——无节幼体平均发育时间（天）；

D_c——桡足幼体平均发育时间（天）；

T——水温（℃）。

三、出生率、死亡率和增长率

种群的出生率、死亡率、增长率是种群统计中的基本参数，也是计算生产量过程中常用的数据。一般根据卵比率的方法计算出生率。只要在定量样品中获得了种群中的卵与雌体的比率 E，以及当时的平均水温，便可通过下列方程进行计算：

$$B = \frac{E}{D}$$

式中 B——周限出生率（finite birth rate）；

D——卵的发育时间（天）。

周限出生率是指某一时间间隔的平均出生率；瞬时出生率（instantaneous birth rate）则是指在某一瞬间的出生率，一般以 b 表示。大多数种群呈指数增长，所以 b 是一个很有用的参数。假如某一种群在两取样间隔中的出生率和死亡率是恒定的，则种群的动态可用下列方程表示：

$$N_{t_2}=N_{t_1}e^{(b-d)(t_2-t_1)}$$

式中 N_{t_2}、N_{t_1}——种群在 t_2、t_1 时的个体数；

b——瞬时出生率；

d——瞬时死亡率。

因为种群的瞬时增长率（r）是瞬时出生率和瞬时死亡率之差，则

$$r=b-d$$

因此，上述方程可简化为

$$N_{t_2}=N_{t_1}e^{r(t_2-t_1)}$$

$$r=\frac{\ln N_{t_2}-\ln N_{t_1}}{t_2-t_1}$$

所以只要在 t_2、t_1 时分别进行采样，统计种群密度，便可求得瞬时增长率 r。

种群的瞬时死亡率（instantaneous death rate）d，一般很难甚至不可能取得，通常 d 值由瞬时出生率减去瞬时增长率而获得。

表 6-4 瞬时出生率（b）和周限出生率（B）间关系

换算条件	应用方程
在 t_1—t_2 期间 b，d 是稳定的	$b=d$　$b=B$ $b>d=0$　$b=\ln(1+B)$ $b\neq d>0$　$b=\frac{\ln(1+E/N)}{D}$

表 6-4 列出了种群周限出生率（B）和瞬时出生率（b）之间换算方程和换算条件，可以看出，如果瞬时出生率与瞬时死亡率相等，则 $b=B$；如果瞬时死亡率＝0，则 Edmondson 提出的方程

$$b=\ln(1+B)$$

是适用的；如果 $b\neq d>0$，则应采用 Paloheimo (1974) 提出的方程

$$b=\frac{\ln(1+E/N)}{D}$$

如果在 t_2-t_1 期间，b 和 d 是不稳定的，则上述方程没有一条是真实的。所以，测定次级生产要求频繁采样，尽量缩短采样间隔时间，以获得 b、d 的相对稳定。

四、计 算 方 法

(一) 轮虫生产量的计算方法

目前计算轮虫生产量主要依据两个不同的原理，即 Edmondson 的假定种群呈线性或指数增长的原理和 Galkovska 的周转原理。

(1) 线性方法 (linear method)

$$P_N=N_0BT$$

$$B=\frac{E}{N_0D}$$

$$P_N=\frac{ET}{D}$$

式中 N_0——种群密度 (个/升)；

E——卵的密度 (个/升)；

B——周限出生率 [卵数/(雌体·天)]；

D——卵的发育时间 (天)；

P_N——生产量；

T——采样间隔(天)。

生产量不仅包括存在生物量的增长；而且也应包括在采样期间由于自然死亡、捕食等因素所消失个体的增长量，计算在采样期间轮虫损失的公式为

$$N_e=N_0+P_N-N_t$$

式中 N_e——轮虫损失的数量。

如果获得了轮虫个体的平均重 $\overline{W}$，则 $N\overline{W}$ 为损失的生物量。

生产量亦然。

(2) 指数方法(exponential method)

$$P_N = N_0 e^{bT} - N_0$$

$$b = \frac{\ln(1 + E/N)}{D}$$

只要获得了卵与雌体的密度和卵的发育时间,就可获得生产量。

(3) 改进的 Edmondson 法　Foren(1981)改进了由 Edmondson (1974)提出的方法,计算公式为

$$P = N_e + \frac{1}{T}(N_t - N_0)$$

式中　N_t、N_0——t 时和开始时的种群密度(个/升);

T——采样间隔时间(天);

N_e——在单位时间内损失轮虫数;

P——日生产量,如以生物量为单位则乘以个体平均重;

$$N_e = \overline{N} M T^{-1}$$

$\overline{N}$——采样期间轮虫的平均种群密度;

$$M = 1 - e^{d}$$

d——瞬时死亡率;

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{T}$$

$$b = \frac{\ln(1 + E/N)}{D}$$

D——卵的发育时间(天)。

(4) 世代时间法(generation time method)　由于轮虫是最小的后生动物,不易划分为不同的规格级,卵一经孵化后,在数小时内快速生长,以后增长缓慢。Galkovkaya(1965)根据轮虫的日增长与世代时间成反比的关系,设计出世代时间法,计算公式为

$$P = \frac{\overline{NW}}{T_{e+P}}$$

式中　P——生产量；

$\overline{N}$——采样期间轮虫的平均数；

T_{e+P}——从卵孵化至成体怀卵又孵化所需的时间(天)；

$\overline{W}$——平均体重。

由于本法不需要确定轮虫和卵的比率，所以适用于把卵产在水生植物和碎片上的那些轮虫，如异尾轮虫等，以及许多卵胎生的轮虫，如晶囊轮虫等。

顺便提及，本法也可用于测定许多原生动物的生产量。

(5) 生理学方法 (physilogical method)　本方法对测定轮虫的生产量特别适用，但需较多的仪器设备。它通过直接测定动物代谢率和食物能到生长能的转化效率而获得生产量，计算公式为

$$P = \frac{TK_2}{1-K_2}$$

式中　T——单位时间内单位生物量的代谢失去；

K_2——食物能转化为生长能的转化效率。

据 Winberg 报道，萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)、椎尾水轮虫(*Epiphanes senta*)、长三肢轮虫(*Filinia longiseta*)、螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)每天的 T 值分别为：0.18、0.19、0.19、0.28。同时根据研究，轮虫的 K_2 值变动于 0.33—0.53 之间，平均为 0.41，则 $P=0.70T$。由此可获得萼花臂尾轮虫、椎尾水轮虫、长三肢轮虫、螺形龟甲轮虫的日生产量分别为 0.54、0.54、0.54 和 0.80 焦。

综上所述，世代时间法由于不统计卵与雌体的比率，而假定所有的个体均有生殖能力，所以一般要过高地估算产量。这种偏差在高温时，由于世代时间很短，误差尤为显著。因此，只要轮虫种群中雌体与卵的比例可确定，而且死亡率极低，用指数法计算生产量不失为一种理想的方法；如果卵与雌体的比例虽可确定，但死亡率较高，那么用线性方法较好(采样间隔要求不超过世代时间)。对一些卵与雌体的比例无法确定的轮虫种群，那么用世代时间法倒是一种可取的方法。

（二）甲壳动物生产量的计算方法

甲壳动物的大多数种类属连续生殖种群，在任一单位时间内，种群内均存在着年龄不同的个体，具体表现为体长-体重参差不齐，既难弄清楚种群中究竟有多少同龄子代，又无法跟踪其存活过程。测定这类动物生产量的方法主要有：

（1）累计增长法（increment-summation method） 本法就是把动物分成若干规格级，同时假定在同一规格级内所有的个体具有同样的增长速度，所以某一规格级的生产率与个体数成比例，其计算公式为

$$P_n=\frac{N_n(W_{max}-W_{min})}{D_n}$$

式中 P_n——某一规格级在单位时间内的生产量；

W_{max}——某一规格级中最大的个体重；

W_{min}——某一规格级中最小个体重；

N_n——某一规格级的个体数；

D_n——某一规格级从 W_{min} 到 W_{max} 所需的时间。

上述公式可简化为

$$P_n=\frac{N_n\Delta W_n}{D_n}$$

式中 ΔW_n——某一规格级体重增长。

日生产量（P_d）为

$$P_d=P_e+P_1+P_2+\cdots$$

式中 P_e、P_1、P_2 代表各个不同规格级的日生产量。

在两次采样期间的总生产量（$P_{int.}$）为

$$P_{int.}=\frac{(P_{t_0}+P_{t_i})(t_i-t_0)}{2}$$

P_{t_0}、P_{t_i} 分别代表相继 2 个采样日的生产量；t_i-t_0 为相继二个采样间隔的时间（天）。在 T 时期内的总生产量（P_T）为

$$P_T=\sum_{t_1}^{t_0}P_{\text{int.}}$$

累计增长法是一种普遍用来计算甲壳动物生产量的方法。从计算公式可以看出，本法不仅假定同一规格级内所有个体有同样的增长速度；而且在2个相继采样间隔内生产率呈线性变化。所以，缩短采样间隔是减少由于假定而引起误差的最有效的方法。这就是测定次级生产量必须进行频繁采样的原因所在。

现举二个实际的例子说明本法的具体运算过程：

1）长额象鼻溞生产量的测定。长额象鼻溞是一种常见的枝角类，体长在0.20—0.60毫米之间，按其长度分成3个规格级：Ⅰ.体长0.30毫米以下的；Ⅱ.0.30—0.40毫米；Ⅲ.0.40—0.60毫米。与此同时，对该溞的生长速度进行了测定。将10个初生的幼溞放在两头通的玻管中，并用筛绢把玻管两头封好。这样做的目的，使玻管内的湖水得到经常交换、更新，以供给幼溞之饵料，然后把玻管放在观察地点，并进行连续观察，画出生长速度曲线。根据这个资料算出各组个体从起始重量生长至最大重量所需的天数，即$T_{\text{Ⅰ}}$、$T_{\text{Ⅱ}}$、$T_{\text{Ⅲ}}$，并根据象鼻溞的体长-体重回归方程式，由体长换算成体重：

$$W=0.180L^{2.880}$$

式中　L——体长（毫米）；

　　W——体重（毫克）（湿重）。

假定每个新生幼龄之体重为0.003毫克。野外工作包括定量采集，并将样品按上述规定的3个长度规格级中个体数，再换算成单位面积的生物量。

获得上述数据后，便按表6-5进行运算。

根据表6-5，1968年7月18日不同规格级的累计日生产量为23.58毫克/（米^2·天）。接着，用同样的方法于7月进行了3次测定，其结果见表6-6。

表 6-5　长额象鼻溞的种群密度和生产量（1968.7.18）

规格级	N (m^{-2})	W_1 (mg)	W_2 (mg)	ΔW (mg)	T (d)	P [mg/(m^2·d)]
Ⅰ	5 670	0.003	0.0056	0.0026	2	7.37
Ⅱ	2 840	0.0056	0.0129	0.0073	4	5.18
Ⅲ	2 900	0.0129	0.0414	0.0285	7.5	11.03

表 6-6　长额象鼻溞7月的生产量

时间		P	B	P/B
月	日	[mg/(m^2·d)]	(mg/m^2)	(d^{-1})
7	8	9.0	42	0.214
7	18	23.6	164	0.144
7	28	7.4	41	0.180

7月份平均日生产量为：

$$\frac{1}{3}(9.0+23.6+7.4)=13.3\ [\text{毫克/(米}^2\cdot\text{天)}]$$

7月份为31天，月生产量为：

$$13.33\times31=413\ [\text{毫克/(米}^2\cdot\text{月)}]$$

7月份平均现存量为82.3毫克/米^2，7月份的P/B系数为

$$413/82.3=5.02$$

用同样方法，在1968年6、7、8、9四个月测定象鼻溞的月生产量、现存量列于表6-7：

表 6-7　长额象鼻溞的季节生产量（1968.6—9）

月份	P [mg/(m^2·month)]	B (mg/m^2)	P/B ($month^{-1}$)
6	92	51	1.8
7	413	82	5.0
8	673	145	4.6
9	465	207	2.25

由此获得 1968 年生长季节长额象鼻溞的生产量为 1 643 毫克/米^2，平均生物量（现存量）为 121 毫克/米^2，P/B 系数为 13.65。

2）透明温剑水蚤生产量的测定。透明温剑水蚤（*thermocyclops hyalinus*）亦是一种广布性种类。为计算方便，选择了乌干达 George 湖，该湖位于非洲，年平均水温为 26.4±1.3℃，由于水温稳定，这种桡足类不同发育阶段个体的数量在一年中是比较稳定的，所以是处于稳定状态的种群。测定生产量的具体步骤如下：

① 在实验室条件下，测定卵、无节幼体、桡足幼体阶段的发育时间。应该指出，在实验室中获得的发育速度与野外相比，有时有较大的误差，特别在食物缺乏时，这种误差更是明显。所以越来越多的生态学家主张在原水体（in situ）培养所获得的数据较为可靠。

表 6-8　某湖透明温剑水蚤的生产量

发育阶段	个体数 n (个/l)	发育时间 D (d)	最小体重 W_{min} (μg)	最大体重 W_{max} (mg)	增重 ΔW (μg)	$\frac{N}{D}$ [个/(l·d)]	生产量 [μg/(l·d)]
卵	220	1.5	0.00	0.05	0.05	147	7.4
无节幼体	199	6.0	0.04	0.16	0.12	33	4.0
桡足幼体	327	11.0	0.16	0.95	0.79	30	23.7
	各发育阶段总生产量：35.1 [μg/(l·d)] 年生产量：35.1×365＝12.8 mg/l						

② 不同发育阶段最小和最大重量的测定。A. 卵重。桡足类的卵很小，难于直接称重，而用体积法测得的又不是它的实际重量，所以可从怀卵雌体干重（1.61 微克）与非怀卵雌体干重（1.19 微克）之差求得。如果每个卵囊怀卵 8 枚，则一个卵的平均干重为 0.05 微克。B. 无节幼体重。这种桡足类有 6 个无节幼体期，第一无节幼体很小，也难于测重，故可从卵的重量推算，由于卵膜脱去以及呼吸作用，第一无节幼体的重量（N_1）约比卵的重量减

少 20%左右，即 0.04 微克。最大无节幼体的重量（N_6），可根据体长-体重回归方程获得为 0.16 微克。C. 桡足幼体重。最大的无节幼体（N_6）可作为最小桡足幼体（C_1）的重量。当然这里忽视了脱皮对重量的影响，据估计脱皮所损失的重量约占桡足类产量的 15%。最大桡足类幼体的重量（C_5），最简单的方法是用没有怀卵的雌体的重量代表。

（2）补充时间法（recruitment time method） 本法是根据丰度和周转率（turnoverrate）的乘积来估算生产量的。使用本法的条件是种群是稳定的，这样，通过计算出生率就有可能获得种群更新的时间。周限出生率（B）的计算公式为

$$B=\frac{E}{DN_0}$$

符号的意义如上述。

有三条途径计算生产量：

一为根据周转时间（T）为周限出生率 B 的倒数而计算。

$$T=1/B\ （天）$$

则种群每天更新的部分为 $1/T=B$，日生产量 P_d 为

$$P_d=\frac{1}{T}N\overline{W}_N$$

式中 $\overline{W}_N$——种群中每个个体的平均重。

二为世代时间法。世代时间的倒数就是周转时间，设 T_{e+}，为世代时间，则 $T=1/T_{e+}$，日生产量 P_d 为

$$P_d=\frac{N\overline{W}}{T_{e+}}$$

式中 N——种群的个体数；

$\overline{W}$——个体的平均重。

三为由 Edmondson 等提出的由周限出生率计算瞬时出生率，由此获得周限死亡率（D），计算公式如下：

$$b=\ln(1+B)$$

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

$$d = b - r$$

$$D = 1 - e^{-d}$$

$$T = \frac{1}{D}$$

$$P_d = W\frac{1}{T} = WD$$

式中 W——种群的生物量。

(3) 生产量与生物量的比率 (production to biomass ratio) 如果已知 P/W 值(为避免再用 B,故改用 W),如果知道了现存量 W,就可获得生产量 P_d。

$$P_d = \frac{P}{W}W$$

应用本法必须在相似的生态条件下方可换算。

第七章　采样设计和数据处理的若干生物统计方法

生物统计方法不但在实验室中成为研究人员有力的析因工具，而且在浮游生物的调查研究中也得到广泛的应用。随着生物科学向定量化和动态化发展，这种方法必将发挥越来越大的作用。

第一节　生物统计的基本概念

生物统计是数理统计在生物科学中的应用。它是用数理统计的原理和方法来分析和解释生物界中各种现象和数量资料的科学方法。因此，它是应用数学的一个分支，属生物数学的范畴。

一、总体与样本

总体是研究对象的全体，是客观存在的，但我们无法一一调查得到，因而只能采用取样的方法，计数一定量的个体作为统计的依据。计数获得的若干个体称为样本。我们期望得到的是总体而不是样本，可是在具体实践中，我们所得到的却是样本而不是总体。因此，生物统计从某种意义上来说，是生物科学研究中以样本推断总体的一门学科。一般来说，30 个以下为小样本，30 个以上为大样本。

二、集中性指数

平均数是根据统计方法求得的一种常用的统计数作为资料的代表，用它来指出数据中各变数集中较多的中心位置，并用来与另一资料相比较。在浮游生物的调查研究中广泛应用平均数来比较生物数量的丰歉，个体大小，等等。

(1) 算术平均数　这是最常用、最有效地表示数据集中的一

个统计量，一般以 $\bar{x}$ 表示：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

式中 n——样品数；

X_i——任何一个变数。

算术平均数 $\bar{x}$ 是真实种群总体平均数(μ)的一个估计数。

(2) 中数 将数据内所有的变数从小到大依次排列，位于中间的那个变数称为中数。当变数是偶数时，则以中间两个变数的平均数作为中数。由于中数不受极端值的影响，当种群呈不对称分布时，它可较好地表示数据的集中趋势。

三、离 散 指 数

为正确地评定样本的代表性，有必要度量其变异程度。倘若各个变数相同，没有变异，则平均数完全可以代表整个样本；反之代表性就小。

(1) 方差和标准差 离均差平方相加所得的总和称为平方和或方差，常用 SS 表示，其平均数可称作样本方差或均方以消除变数个数多少的影响。由于各个离均差经过平方使原来度量的单位都变为平方单位，所以最后还须开方，使之还原。用这种方法表示数据的变异程度称为标准差，通常用 S 表示。标准差的计算公式为

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2/n}{n-1}$$

$n-1$ 为自由度。如用计算器计算，样品大于 30 用 n，小于 30 用 $n-1$。应用自由度的目的在于纠正由于样品大小而发生取样误差的影响。

(2) 全距 最大值与最小值之间的距离，也可用来描述样本变异程度，但是受样品大小和极端数据的影响，所以只是大概的离散指数。

(3) 变异系数($C.V.$) 这也是衡量数据变异程度的一个统计量。当相互比较两个或多个资料的变异程度时，单以标准差是不能满足要求的。利用标准差进行比较两个或多个样本的变异情况只限于单位相同，同时还需要在各个平均数彼此相近似的条件下方能适用。如样本的单位不同或平均数差异很大时，欲比较其变异程度就不能采用标准差，而须用标准差与平均数的比值(即相对值)来比较。这个比值称为变异系数，一般用符号 $C.V.$ 表示。$C.V.$ 值大，表示样本间差异大；$C.V.$ 小，则表明平均数 $\bar{x}$ 可代表真实种群的总体平均数 μ。

四、正态分布与二项分布

在浮游生物的调查研究中所获得的数据可分为两类：计量资料和计数资料。如大型溞的体长，在 0.60—4.50 毫米之间可以有很多变数，这些变数可以是整数，也可以是小数。在统计学上把这些资料称为计量资料，也称为连续变数资料，可用正态分布加以描述。另一类则是计数资料，如单位体积中浮游生物的个体数，以整数表示，而整数间的数据是不连续的，因此不具小数，也可称为间断性变数资料，常用二项分布或其他有关的型式描述。

浮游生物在水体中呈何种分布型式，可用方差与平均数的比度来确定。如 $S^2/\bar{x}=1$，则种群在水体中呈随机分布；如 $S^2/\bar{x}>1$，则呈块状分布。如表 7-1 所示，该溞在湖中心站呈随机分布；而在随机采样站则呈块状分布。

第二节 采样设计

一、采样的基本概念

生物统计所研究的一切问题，归根结底都是一个用采样来估计总体的问题。在作浮游生物调查时，我们总是希望对所研究的总体作出全面的观察。但在实际工作中，由于受人力、物力的限制，不

表 7-1　某种螨在不同站上种群密度的统计资料(单位:个/l)

序　号	采　样　站	
	中 心 站	随机采样站
1	37	63
2	48	54
3	37	91
4	46	83
5	38	104
6	38	79
7	50	71
8	33	—
9	35	—
10	50	—
总数$\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)$	412	545
采样次数 n	10	7
平均数 $\bar{x}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}\right)$	$\frac{412}{10}=41.2$	$\frac{545}{7}=77.9$
中　数	33,35,37,37,38,38,　=38	54,63,71,79,　=79
全　距	33—50	54—104
方差 $SS\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n}}{n-1}\right)$	$\frac{17360-\frac{412^2}{10}}{9}=42.8$	$\frac{44153-\frac{545^2}{7}}{6}=286.8$
标准差 S　$(\sqrt{S^2})$	6.54	16.9
变异系数 $C.V.\left(\frac{S}{\bar{x}}\right)$	$\frac{6.54}{41.2}=0.16$	$\frac{16.9}{77.9}=0.22$
$\frac{S^2}{\bar{x}}$	1.04	3.68
$S_{\bar{x}}\left(\frac{S}{\sqrt{n}}\right)$	2.07	6.40

可能也没有必要对整个水体中存在的浮游生物进行计数，而只需通过采样的方法，依据样本研究总体的规律性。所以作浮游生物调查时，要求样本必须来自待研究的总体，而且必须具有代表性。

二、采样误差的估计

在理论上，我们可以不断地抽取若干个样本，如样本 1，样本 2，样本 3，…，样本 K。每一样本有 n 个变数，所求得的样本平均数不可能恰好等于总体的平均数。它们之间是有一定差异的，这个差异就是采样误差。数理统计的研究指出，如果样本含量很大时，则样本平均数与总体平均数就很接近，甚至相等，采样误差就小，则用样本平均数估计总体平均数的可靠性就大，否则就相反。

采样误差的大小，可用标准误 $S_{\bar{x}}$ 的大小来表示。通常用采样误差来推断真值所在位置的置信区间。在一般情况下，抽样调查研究中的真值是未知数，为推断真值的置信区间，可采用 $\bar{x}\pm 1.96S_{\bar{x}}$ 来判断真值有 95%的可能性在此范围之内。

三、样本平均数的标准差和置信区间

在平均数的抽象分布中，其平均数记作 $\mu_{\bar{x}}$，标准误记作 $S_{\bar{x}}$（又可称作平均数的标准误），它表示了平均数抽样误差的大小，这两个参数与原始总体的关系是：

$$\mu_{\bar{x}}=\mu$$

$$S_{\bar{x}}=\frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

$S_{\bar{x}}$ 有时可写作 SE. 95%置信限的计算公式为：

$$\bar{x}+S_{\bar{x}}t$$

t 值可从 t 表 $P=0.05$，$n-1$ 行中查得。

如从某湖随机取 30 个浮游动物样品，计算样品中藻的平均数 $\bar{x}=10.0$，标准差 $S_x=3.20$，则

$$S_{\bar{x}}=\frac{3.20}{\sqrt{30}}=0.584$$

$$P=0.05 \quad n=30-1=29 \quad t_{0.05}=2.045$$

95% 置信限为：$10.0\pm2.045\times0.584=10.0\pm1.2$

总体平均数有 95% 的可能性落在 8.8—11.2 范围内。

四、样本的含量

谁都知道，样本的含量越多，精确度越高，样本越多越好。但样本太多，就会花费过多的人力、物力和时间，所以应采多少样本为好，这是每个研究者首先要考虑的问题。当然，样本多少与要求的精确度高低，以及所研究对象的变异度大小有关。因此采样前有必要先估计出我们能够接受的误差是多大。设样本平均数的 95% 的置信区间的允许误差(L)为

$$L=t_{0.05}S_{\bar{x}}$$

因为

$$S_{\bar{x}}=\frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

所以

$$L=\frac{t_{0.05}S_x}{\sqrt{n}}$$

式中 S_x 一般是依靠前人的工作经验给出，或在小型调查中粗略估计到的。为使估计样本含量方便起见，可以直接用样本标准差 S 代替总体标准差 σ，则可获得公式

$$n=\frac{t^2S^2}{L^2}$$

如采集 30 个样品，获得平均数目 $\bar{x}=25$，方差 $S^2=20$，95% 置信限 $t=2.045(P=0.05,n=29)$。如果允许误差为 20%，也就是允许有 5 个动物的误差，那么样本的数目为

$$n=\frac{2.045^2\times20}{5^2}\approx3$$

可见只需要采 3 个样品。

许多浮游动物在水中呈块状分布，方差值或是相等或是大于平均值，那么采样的数目应相应增加，样品含量的估算方法为

设允许标准误与平均数的比例为 D；种群平均数 $\bar{x}$，方差 S^2，则采样数目为

$$n=\frac{S^2}{D^2\bar{X}^2}$$

如表 7-1 中，中心站每个样品中潘的平均数目为 41.2，方差为 42.8。如果想获得标准误与平均数的比率为 0.1，则采样的数目应为

$$n=\frac{42.8}{0.1^2\times 41.2^2}\approx 3$$

可见，不必采 10 个样品，只需要采 3 个样品。

再如，上述例子中，潘的平均数仍为 41.2，但是方差不是 4.28 而是 128.4。如果同样要保持标准误与平均数的比率为 10%，则采样数为

$$n=\frac{128.4}{0.1^2\times 41.2^2}\approx 8$$

从上述例子可以看出，随着方差的增加，如要保持相同标准误与平均数的比率，采样次数也要相应的增加。

第三节　均数差异显著性检验——t 检验

在浮游生物的研究中，需要成对平均数的比较，以显示处理是否有效。这里的“处理”和“有效”都是广义的。“处理”是指人为施加或控制的特定条件，甚至是实验对象的类型；“有效”包括正的和负的效果。

一、非配对试验两个样本平均数差异显著性检验

非配对试验是指两个样本观察值间是互相独立的，这是一种稍微粗糙一些的比较型的实验设计。计算公式为

$$t=\frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}}$$

自由度　$df=(n_1-1)+(n_2-1)$。

当　$n_1=n_2$　时，计算　$S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}$　公式为

$$S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}=\sqrt{\frac{S_1^2}{n}+\frac{S_2^2}{n}}$$

$$=\sqrt{\frac{\{\Sigma X_1^2-(\Sigma X_1)^2/n\}+\{\Sigma X_2^2-(\Sigma X_2)^2/n\}}{n(n-1)}}$$

当 $n_1\neq n_2$ 时，

$$S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}=\sqrt{\frac{S_1^2}{n}+\frac{S_2^2}{n}}$$

$$=\sqrt{\frac{\{\Sigma X_1^2-(\Sigma X_1)^2/n_1\}+\{\Sigma X_2^2-(\Sigma X_2)^2/n_2\}}{(n_1-1)+(n_2-1)}}\times\sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}}$$

$S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}$ 为均数差异标准差。

$\bar{x}_1$ 为第一样本均数，$\bar{x}_2$ 为第二个样本均数，n_1 为第一个样本含量，n_2 为第二个样本含量，x_1 为第一个样本各变数，x_2 为第二个样本各变数，S_1 为第一个样本标准差，S_2 为第二个样本标准差。

表 7-2 列举了武汉东湖湖中心站和沿岸站从各自的样品中，分别测量 20 个某种藻的体长，试检验这两个站上藻的体长是否有显著差异。计算 $S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}$ 值：

$$S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}=\sqrt{\frac{\{\Sigma X_1^2-(\Sigma X_1)^2/n\}+\{\Sigma X_2^2-(\Sigma X_2)^2/n\}}{n(n-1)}}$$

$$=\sqrt{\frac{\{30.7302-(24.78)^2/20\}+\{28.4006-(23.83)^2/20\}}{20(20-1)}}$$

$$=\sqrt{\frac{0.0278+0.0072}{380}}=0.0096$$

计算 t 值：

$$t=\frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}}=\frac{1.239-1.1915}{0.0096}=4.948$$

由自由度 $df=(20-1)+(20-1)=38$，查 t 表，得临界 t 值：

$$t_{0.05}=2.021,\ t_{0.01}=2.704$$

$$t>t_{0.01}\qquad P<0.01$$

（若 t 值为负，则用 t 的绝对值 $|t|$ 与临界 t 值比较）。计算结果表明：沿岸带与湖中心某种藻的体长有极显著的差异。

表 7-2　武汉东湖不同湖区某种濞的体长(单位:mm)

序　号	湖中心站某种濞之体长	湖沿岸站某种濞之体长	X_1^2	X_2^2
1	1.22	1.20	1.488 4	1.440 0
2	1.24	1.18	1.537 6	1.392 4
3	1.26	1.21	1.587 6	1.464 1
4	1.18	1.20	1.392 4	1.440 0
5	1.28	1.17	1.638 4	1.368 9
6	1.27	1.16	1.612 9	1.345 6
7	1.21	1.18	1.464 1	1.392 4
8	1.21	1.21	1.464 1	1.464 1
9	1.20	1.16	1.440 0	1.345 6
10	1.19	1.21	1.416 1	1.464 1
11	1.20	1.22	1.440 0	1.488 4
12	1.28	1.20	1.638 4	1.440 0
13	1.30	1.19	1.690 0	1.416 1
14	1.24	1.22	1.537 6	1.488 4
15	1.28	1.19	1.638 4	1.416 1
16	1.18	1.17	1.392 4	1.368 9
17	1.25	1.18	1.562 5	1.392 4
18	1.24	1.17	1.537 6	1.368 9
19	1.26	1.20	1.587 6	1.440 0
20	1.29	1.21	1.664 1	1.464 1
平　均	$\bar{X}_1=1.239$	$\bar{X}_2=1.192$	$\Sigma X_1^2=30.730\ 2$	
总　和	$\Sigma X_1=24.78$	$\Sigma X_2=23.83$	$\Sigma X_2^2=28.400\ 6$	

二、配对试验两个样本平均数差异显著性检验

上述的试验设计只能应用于单位较为一致的情况。如果试验单位变异很大，如水体中叶绿素的含量相差很大，往往会使试验处理受试验单位系统误差的影响而混淆了处理效应，同时也增大了试验误差的估计值。为了把一切其他的变异减少到最低限度，使处理的效果显著地突出而不为其他偶然性变差覆盖或迷惑，可以采用配对试验设计。具体计算过程如下：

$$t=\frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}=\frac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{S_{\bar{d}}}$$

$$df=n-1$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{\Sigma(d-\bar{d})^2}{n(n-1)}}=\sqrt{\frac{\Sigma d^2-(\Sigma d)^2/n}{n(n-1)}}$$

式中 $S_{\bar{d}}$——差异标准误；

d——第一、第二两个样本各对变数之差，X_1-X_2；

$\bar{d}$——第一、第二两个样本各对变数之差的平均数，它等于两个样本平均数的差：$\bar{x}_1-\bar{x}_2$；

n——配对的对子数。

表 7-3 为用丙酮和乙醇分别作为溶剂提取湖水中叶绿素 a 浓度的比较，试检验二种不同的处理方法是否有显著的差异。检验步骤如下：

计算 $S_{\bar{d}}$：

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{\Sigma(d-\bar{d})^2}{n(n-1)}}=\sqrt{\frac{113.7}{29\times28}}=\sqrt{0.1400}$$

$$=0.374(\text{毫克/米}^3\text{叶绿素 a})$$

计算 t 值：

$$t=\frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}}=\frac{\bar{x}_2-\bar{x}_1}{S_{\bar{d}}}$$

$$=\frac{15.36-15.62}{0.374}=\frac{-0.26}{0.374}$$

$$=-0.695\quad(\text{取绝对值})$$

由 $df=n-1=29-1=28$，查 t 表，得临界 t 值：

$$t_{0.4}=0.855\qquad t_{0.5}=0.683$$

表 7-3　用二种不同的溶剂提取湖水中叶绿素 a 浓度的比较(单位:mg/m^3)

序号	溶剂		$d=X_1-X_2$	$d-\bar{d}$	$(d-\bar{d})^2$
	丙酮 X_1	乙醇 X_2			
1	66.2	68.4	−2.2	−2.45	6.00
2	60.2	67.0	−6.8	−7.05	49.70
3	20.5	21.1	−0.6	−0.85	0.72
4	3.3	4.9	−1.6	−1.85	3.42
5	4.9	6.6	−1.7	−1.95	3.80
6	7.6	5.8	1.8	1.55	2.40
7	5.2	4.5	0.7	0.45	0.20
8	4.8	3.5	1.3	1.05	1.10
9	13.4	10.2	3.2	2.95	8.70
10	4.3	4.0	0.3	0.05	0.00
11	6.3	6.4	−0.1	−0.35	0.12
12	63.2	61.8	1.4	1.15	1.32
13	5.5	4.5	1.0	0.75	0.56
14	8.4	9.1	−0.70	−0.95	0.90
15	4.2	3.3	0.90	0.65	0.42
16	5.1	4.7	0.40	0.15	0.02
17	7.4	8.8	−1.4	−1.65	2.72
18	27.2	29.4	−2.2	−2.45	6.00
19	6.4	4.5	1.9	1.65	2.72
20	13.6	14.4	−0.8	−1.05	1.10
21	3.7	2.9	0.8	0.55	0.30
22	6.2	6.5	−0.3	−0.55	0.30
23	12.0	11.9	0.1	−0.15	0.02
24	14.7	13.2	1.5	1.25	1.56
25	12.8	9.9	2.9	2.65	7.02
26	20.6	19.6	1.0	0.75	0.56
27	9.0	7.6	1.4	1.15	1.32
28	19.0	16.2	2.8	2.55	6.50
29	17.3	15.0	2.3	2.05	4.20
总和	453.0	445.7	7.2		113.7
平均	15.62	15.36	0.25		

$$t \simeq t_{0.5} < t_{0.4} \qquad P < 0.4$$

统计结果表明，用丙酮和乙醇作为溶剂提取叶绿素 a 的含量所作的无效假设可接受，亦即表明，两种处理方法所获得结果并无显著差异。

成对试验设计的优点在仅反映对子内的差异，而这种差异往往要远远小于对子间的差异。正如上例，对子内差异标准误 $S_{\bar{d}}$ 为 0.374 毫克/米^{3}叶绿素；而对子间均数差异标准误 $S_{\bar{x}_1-\bar{x}_2}$ 为 4.74 毫克/米^{3}叶绿素。这样，小的差异能较好地提供一个发现真实差异的机会。

第四节　χ^2(卡方)检验

在浮游生物的调查研究中，除了用度量的方法获得数量性状的数据外，还有许多属于质量性状的资料。对这些资料的显著性检验可采用 χ^2 检验。

一、意义及原理

χ^2 检验是通过提出某种假定的理论次数与实际次数进行比较，从而确定两者的符合程度。基本原理是应用理论次数与实际次数之间偏离程度的大小而定的。若两者偏差越大，则愈不符合；偏差小，两者愈为符合；当两者相等时，偏差等于零，表明理论次数与实际次数完全符合。在计算过程中，由于各类因子的实验次数与理论次数的差$(O-E)$有正、负值，其总和 $\Sigma(O-E)$则因正负相抵消而等于"零"，不能反映实际次数与理论次数差异的大小。若予以平方，则 $\Sigma(O-E)^2$得正值。此外，各自的偏差对理论次数所占的比重是不同的，必须再与理论次数(E)相比，即$(O-E)^2/E$ 转化为相对数才能进行合并和比较，这个相对数为 χ^2(卡方)值。

计算公式：

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(O-E)^2}{E}$$

式中 E——理论次数；

O——实际次数。

二、适合性检验

比较实际数据与理论假设是否符合的检验称为适合性检验。表 7-4 为一组在某湖 4 个水层中采 50 个蚤状溞怀卵雌体所观察到卵数。现在要问卵在各个水层中是否是随机分布。

当自由度 $n=4$ 时 $X^2_{0.01}=11.34<11.58$

检验差异显著，说明这种溞成体怀卵量在各水层中分布是不相同的。

表 7-4 蚤状溞怀卵量是否随机分布的适合性 X^2 检验

水 层	观察到频数 O	理论频数 E	$O-E$	$\frac{(O-E)^2}{E}$ (χ^2)
1	106	82	24	7.02
2	83	82	1	0.01
3	75	82	−7	0.60
4	64	82	−18	3.95
总 数	328	328		11.58

第五节 回归与相关

回归与相关都是分析相关变量之间关系的既有区别、又有联系的两种统计方法。因此，使用上往往把它们结合加以应用。例如，某性状较难度量，而与之相关的其他性状较易度量，就可在对这些性状进行实测后，以前者作为依变量，后者作为自变量，求出回归方程。利用自变量的观测值，从回归方程便可推算出依变量的数值以作估算或预报。体长-体重回归方程，就是通过观测体长估算体重。

一、标准直线回归方程

回归直线可用直线回归方程表示：

$$\hat{y}=a+bx$$

式中，a 为回归截距，即 $x=0$ 时的 $\hat{y}$ 值。b 为斜率，即回归系数，表示当 x 增加或减少一个单位时，y 相应地平均增加或减少的数量。因此，只要求出 a、b，在平面上直线的位置即可确定。$\hat{y}$ 表示 x 所对应的 y 的总体平均数的回归估计值，不能简单地理解为 x 所对应的函数值。这是回归方程与函数方程基本不同之处。

二、回归系数的计算及回归直线的绘制

对于小样本、不分组且数值不大的资料，可直接用公式计算回归系数。若数据较大，为简化计算可用缩简方法进行计算。表 7-5 为一组浮游植物与浮游动物生物量的实测数据。下面以此为例说明其运算过程：

$$[x^2]=\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\frac{(\sum_{i=1}^{n}x_i)^2}{n}=199.835-\frac{57.434^2}{17}=5.7959$$

$$[y^2]=\sum_{i=1}^{n}y_i^2-\frac{(\sum_{i=1}^{n}y_i)^2}{n}=204.905-\frac{58.422^2}{17}=4.1326$$

$$[xy]=\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i\sum_{i=1}^{n}y_i}{n}$$

$$=201.591-\frac{57.434\times58.422}{17}=4.\quad 40$$

$$b=\frac{[xy]}{[x^2]}=\frac{4.2140}{5.7959}=0.7271$$

$$a=\bar{y}-b\bar{x}$$

$$=3.437-0.7271\times3.378=0.9808$$

则浮游植物和浮游动物平均生物量间回归方程：

$\log_{10}$ 浮游动物生物量$=0.9809+0.7271\log_{10}$ 浮游植物生物量。

三、回归关系的显著性检验

(1) 回归方程估测的误差　由回归方程求出的各个估计值 $\hat{y}$，通常并不与 y 变量的各个观测值完全相符，即散点不全在回归线上，这种情况可由图 7-1 的点式图看出。依变量的各个观测值 y 与由回归方程计算所得的各个估计值 $\hat{y}$ 的差异(即 $y-\hat{y}$)，就是回归方程估测的误差，且 $\Sigma(y-\hat{y})=0$。将各个 $(y-\hat{y})$ 平方后再相加，得到估测误差平方和(即离回归平方和 $\Sigma(y-\hat{y})^2$)。因为在计算 $\hat{y}$ 值时，受到 $\bar{y}$ 及 b 的制约，所以，$\Sigma(y-\hat{y})^2$ 的自由度丧失两个而成为 $n-2$。于是，离回归标准误差 S_{yx} 可用下式求得：

$$S_{yx}=\sqrt{\frac{\Sigma(y-\hat{y})^2}{n-2}}$$

在表 7-5 已列出 $\Sigma(y-\hat{y})^2=1.0687$，但 $(y-\hat{y})^2$ 亦可用下述公式获得：

$$\Sigma(y-\hat{y})^2=\Sigma(y-\bar{y})^2-\frac{[\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})]^2}{\Sigma(x-\bar{x})^2}$$

以表 7-4 的资料为例，计算 S_{yx} 的过程如下：

$$\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})=\Sigma xy-\frac{\Sigma x\Sigma y}{n}$$

$$=201.591-\frac{57.434\times58.422}{17}=4.2140$$

$$\Sigma(x-\bar{x})^2=\Sigma x^2-\frac{(\Sigma x)^2}{n}=199.835-\frac{57.434^2}{17}=5.7959$$

$$\Sigma(y-\bar{y})^2=\Sigma y^2-\frac{(\Sigma y)^2}{n}=204.905-\frac{58.422^2}{17}=4.1326$$

则　$\Sigma(y-\hat{y})^2=4.1326-\frac{4.2140^2}{5.7959}=1.0687$

$$S_{yx}=\sqrt{\frac{1.0687}{17-2}}=0.2669$$

(2) 回归关系的显著性检验　求出的回归方程是否成立，须看依变量随自变量而变化的回归关系是否达到显著标准而定，这须进行 F 检验。作 F 检验首先是将依变量的总平方和 $\Sigma(y-\bar{y})^2$ 进

表 7-5　17 个湖泊浮游植物和浮游动物生物量(mg/m³)

实测数据				根据回归方程估算的生物量					
浮游植物生物量		浮游动物生物量							
x	$\lg x$	y	$\lg y$	$\lg \hat{y}$	$y-\hat{y}$	$(y-\hat{y})^2$	$(\lg x)^2$	$\lg x \lg y$	$(\lg y)^2$
427.6	2.631	816.6	2.912	2.893	0.019	0.0036	6.9221	7.661	8.4797
447.7	2.651	375.8	2.575	2.907	−0.332	0.1102	7.0278	6.826	6.6306
510.5	2.708	993.1	2.997	2.949	−0.048	0.0023	7.3333	8.116	8.9820
570.2	2.756	3083.2	3.489	2.984	0.505	0.255	7.5955	9.616	12.1731
1000.0	3.000	743.0	2.871	3.161	−0.290	0.0841	9.000	8.613	8.2426
1039.9	3.017	1352.1	3.131	3.174	−0.043	0.0018	9.1023	9.446	9.8032
1219.0	3.086	6807.7	3.833	3.224	0.609	0.3712	9.5234	11.829	14.6919
1333.5	3.125	2041.7	3.310	3.252	0.058	0.0034	9.7656	10.344	10.9561
1714.0	3.234	1538.2	3.187	3.331	−0.144	0.0207	10.4588	10.307	10.1570
2098.9	3.322	1267.7	3.103	3.395	−0.292	0.0853	11.0357	10.308	9.6286
4092.6	3.612	2944.4	3.469	3.606	−0.137	0.0188	13.0465	12.530	12.0340
4395.4	3.643	3191.5	3.504	3.629	−0.125	0.0156	13.2715	12.765	12.2780
6683.4	3.825	5559.0	3.745	3.761	−0.016	0.0003	14.6306	14.325	14.0250
8912.5	3.950	10092.5	4.004	3.852	0.152	0.0231	15.6025	15.816	16.0320
10889.3	4.037	5533.5	3.743	3.915	−0.172	0.0296	16.2974	15.111	14.0100
13243.4	4.122	8491.8	3.929	3.977	−0.048	0.0023	16.9909	16.195	15.4370
51880.0	4.715	41686.9	4.620	4.408	0.212	0.0449	22.2312	21.783	21.3444
总　和	57.434		58.422			1.0687	199.835	201.591	204.905
平　均	3.378		3.437						

行分解。

$$\Sigma(y-\hat{y})^2=\Sigma(y-\bar{y})^2+b^2\Sigma(x-\bar{x})^2$$

此式表明依变量的总平方和可分解为两部分：$\Sigma(y-\bar{y})^2$为离回归平方和，$b^2\Sigma(x-\bar{x})^2$为回归平方和。离回归的自由度为$n-2$，总变异的自由度为$n-1$，故回归自由度为$(n-1)-(n-2)=1$。两部分的均比即为F值：

$$F=\frac{b^2\Sigma(x-\bar{x})^2}{\Sigma(y-\hat{y})^2/(n-2)}$$

再以表 7-5 的资料为例，对其作回归关系的显著性检验。

查F表，$F_{0.01(1,15)}=8.28$，现$F>F_{0.01(1,15)}$。则$P<0.01$，差异极显著，即浮游植物与浮游动物生物量的回归关系极显著(表 7-6)。

表 7-6　回归关系显著性检验

变异来源	平方和	自由度	均　方	F
回归 $b^2\Sigma(x-\bar{x})^2$	3.063 9	$(n-1)-(n-2)$ $17-16=1$	3.063 9	43.032 3
离回归 $\Sigma(y-\hat{y})^2$	1.068 7	$n-2$ $17-2=15$	0.071 2	
总的 $\Sigma(y-\bar{y})^2$	4.132 6	$n-1$ $17-1=16$		

(3) 回归系数的显著性检验　根据$t=\sqrt{F}$这一关系式，则

$$t=\sqrt{F}$$

$$=\sqrt{\frac{b^2\Sigma(x-\bar{x})^2}{\Sigma(y-\hat{y})^2/(n-2)}}$$

$$=\frac{b\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{S_{yx}}$$

$$=\frac{b\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}/\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}{S_{yx}/\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2}}$$

$$=\frac{b}{S_b}$$

式中 S_b 为回归系数的标准误差。

再以表 7-5 的资料为例，对其回归系数作显著性检验。

因 $$\Sigma(x-\bar{x})^2=5.795\ 9$$

$$b=0.727\ 1 \quad S_{yx}=0.266\ 9$$

$$t=\frac{0.727\ 1\sqrt{5.795\ 9}}{0.266\ 9}=6.558\ 5$$

查 t 表，$df=17-2=15$，$t_{0.001}=4.073$，现 $t>t_{0.001}$，所以 $P<0.001$，差异极显著，即浮游植物和浮游动物生物量间回归关系极显著。

(4) 置信限的计算　斜率 b 的 95%的置信限的计算公式为

$$b \pm S_b t$$

$$S_b=\sqrt{\frac{S_{yx}^2}{[x^2]}}=\sqrt{\frac{0.071\ 2}{5.795\ 9}}$$

$$=0.110\ 8$$

查 t 表，当自由度为 15 时，$t_{0.05}=2.131$，则

$$0.727\ 10\pm0.110\ 8\times2.131=0.727\ 1\pm0.236\ 1$$

斜率 b 的 95%置信限为 0.491 0—0.963 2。

可见，b 值的置信限较大。有人认为，这是因为浮游动物的增长速度较浮游植物缓慢的缘故。

附　录

一、采 水 器

采水器的型号和种类很多，我国常用的是玻瓶采水器，即在广口试剂瓶或一般试剂瓶瓶口上塞上橡塞，塞中插入两根玻璃管，一根为进水管，插至瓶底，另一根为出水管，下端管口齐瓶塞，上端紧套橡皮管。玻瓶底部加重物。采水时将出水口上橡皮管套在进水玻管上端，将瓶沉至需要的深度时，拉脱进水管上橡皮管，水样就可逐渐灌满玻瓶（可参看《湖泊调查基本知识》）。这种采水器结构简单，可以自己制作，价格较低，但采水较慢，使用不太方便，又因进水口小，一些运动能力较强的甲壳动物可能逃避而影响采样的正确性。

中国科学院水生生物研究所 1980 年设计和制作的有机玻璃采水器（图 8-1），是改良的北原式采水器。它是根据水不可压缩的原理设计的。这种采水器有上下两个活门，内壁设有温度计，底部配备出水口。当采水器放入水中后，藉助水的向上冲力把进水口和出水口的活门同时推开，水就进入采水器内。随着采水器的下沉，水继续不断从进水口进，出水口出，当达到所需的深度后，用手向上一提，上下活门同时关闭，这样就可获得所需水层的样品，同时又测得了该水层的温度。由于这种采水器所获得的水样从底部进入，因此，用橡皮管和底部的出水管一联结，便可方便地测定浮游植物的初级生产力。

二、固 定 液

常用的浮游生物固定液配方如下：

（1）碘液（鲁哥氏液）　碘化钾 20 克，溶于 200 毫升含水冰

醋酸 20 毫升的蒸馏水中，溶解后再加碘 10 克，溶解后贮存于密闭的棕色试剂瓶中。

（2）福尔马林液　含 40% 蚁醛的福尔马林液。

（3）苦味酸液（波恩氏液）苦味酸结晶体不断加入 100 毫升蒸馏水中，边加边摇动，直到苦味酸不能溶解时，即得饱和苦味酸液。静置片刻，待苦味酸沉淀后，取上层清液 75 毫升，移入试剂瓶中，加福尔马林 25 毫升和冰醋酸 3 毫升即得。

三、浮游生物大小的测量工具及测量方法

（1）测量工具

1）台测微尺（台尺）。系一特制的载玻片，在它中央具有刻度的标尺，全长为 1 毫米，共划分为 10 大格，每一大格又分成 10 小格，共 100 小格，每一小格长 0.01 毫米，即 10 微米。也有全长 2 毫米，共分成 200 小格，每小格的长度不变。在标尺的外围有一小黑环，便于找到标尺的位置。

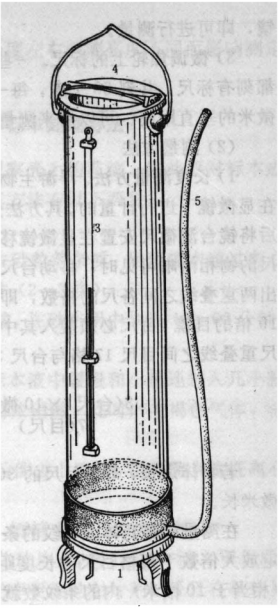


图 8-1　有机玻璃采水器
1. 进水活门；2. 压重铅圈；3. 温度计；4. 出水活门；5. 橡皮管

2）目测微尺（目尺）。这是放在目镜内的一种标尺，共划分为 10 大格，每一大格又分成 10 小格，共 100 小格。在使用时，可将目镜取出，旋去接目透镜，然后将目镜测微尺放在目镜的光栏上，有刻度的一面向下，这时就可将目镜透镜旋上，再放入显微

镜，即可进行测量。

3）微调焦轮上的标尺。一些较精细的显微镜，在微调焦轮上都刻有标尺，共刻 50 个度，每一分度的单位，通常为 1 微米或 2 微米的垂直距离。可以用来测量物体的厚度。

（2）测量方法

1）长度测量方法。浮游生物的长度系用已校准的接目测微尺在显微镜下进行计量的。其方法是：将一圆形目尺装入目镜内，然后将镜台测微尺安置在显微镜移动台上，调整焦距，使目尺与台尺的物相清晰可见时，移动台尺，使其与目尺之刻线相重合，数出两重叠线之间各尺的格数，即可求得一格目尺的微米数。如在 10 倍的目镜（目尺必须装入其中）与 40 倍的物镜条件下，测得两尺重叠线之间目尺 17 格与台尺 3 格重合，则一格目尺的长度为：

$$\frac{3(\text{台尺})\times 10\ \text{微米}}{17(\text{目尺})}=1.764\ \text{微米}$$

若物体之长，等于目尺的 30 格，则虫体应为 $1.764\times 30=53$ 微米长。

在测量硅藻壳体上花纹的条纹数时，也用目尺。如已知在一定放大倍数下每格目尺的长度距离为 1.74 微米，则数在 5.7 格（相当于 10 微米）内的条纹数就可。

2）厚度测量法。测量物体的厚度，最简便的方法是利用具有刻度的微调焦轮来进行。先将焦点与被测物体的上端对齐一致，记下轮上的度数，然后旋转微调焦轮使焦点与下端对齐一致，再记下度数，这两者之差，便是所测物体的厚度。此法虽简单，但不很精确。

3）测量时一般注意事项。在不同放大倍数条件下测量生物体的大小，必须在不同的放大倍数下计算目尺的微米数才可进行测量，切不可以某一放大倍数所测得的目尺微米数代替另一放大倍数测得的目尺微米数去进行测量。被测量的物体一定要移放在视野的中央。因为这个位置上镜象最清晰，象差也最小。视野中的

亮度要均匀一致，以免因标尺分度左右两侧亮度不同而影响测定值的准确度。

四、硅藻壳体标本处理方法

鉴定硅藻种类，必须清楚观察壳上的花纹。因此要对标本进行处理，以除去细胞内含物。其方法有以下两种：

(1) 酸处理法

1) 吸取少量标本，尽量除去砂粒等杂质。用蒸馏水通过离心清洗掉固定剂和其他溶解性盐类（2—3 次）。

2) 加入与标本等量的浓硫酸，在砂浴锅内加热 10—60 分钟，使标本变白色。

3) 如标本尚未变白，则在标本液中缓慢和小量地加入几小粒硝酸钾（KNO_3）或与标本等量的浓硝酸，此时产生褐色气体，标本变白色。

4) 用离心法沉淀硅藻标本后倒去上清液，用蒸馏水清洗离心几次，去除酸性。

5) 将硅藻标本保存于 95% 酒精中或干粉状保存。

6) 制片时将硅藻标本放在盖玻片上，烤干，加一滴二甲苯后，加封片用加拿大树胶或其他折光率更高的封片剂，反压在载玻片上，干后即可进行镜检观察。

(2) 过氧化氢(H_2O_2)处理法

1) 按酸处理法 1) 步骤预处理标本样品。

2) 加入一定量的过氧化氢，静置一段时间，如标本不变白或不完全透明（镜检），则应再更换新的过氧化氢。

3) 如有条件，可将加入过氧化氢后的标本在石英管或在去盖的培养皿中用紫外光照射几十分钟到 2 小时，效果更好。

4) 清洗、保存、制片方法同酸处理法。

此法特别适用于壳体薄的种类。

五、常用藻类培养基

最简单的培养基是该种藻类在原生境中的水。但用这样的培养基较难保持长的培养时间，生长也不会太好，且易污染其他种类。所以最好用人工培养基。下面介绍几种常用的。

(1) 朱氏 (Chu) 10 号培养基

$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	40 毫克
K_2HPO_4	10 毫克
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	25 毫克
Na_2CO_3	20 毫克
Na_2SiO_3	25 毫克
$FeCl_3$	0.8 毫克
微量元素液 A_5	1 毫升
蒸馏水加到	1 000 毫升

$FeCl_3$ 可用柠檬酸铁 3 毫克和柠檬酸 3 毫克代替。

微量元素液 A_5 成分如下(单位:克/升):

H_3BO_3	2.86
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.81
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.222
MoO_3 (85%)	0.017 7
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.079

此培养基对一般淡水和土壤藻类均适合。

(2) 水生 4 号(HB—4)培养基

$(NH_4)_2SO_4$	200 毫克
$[Ca(H_2PO_4)_2] \cdot 2H_2O + CaSO_4 \cdot H_2O$(过磷酸钙)	30 毫克
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	80 毫克
$NaHCO_3$	100 毫克
KCl	25 毫克
$FeCl_3$ (1%液)	0.15 毫升

土壤浸出液	0.5 毫升
A_5 液	1.0 毫升
蒸馏水加到	1 000 毫升

适用于单细胞绿藻和一般藻类。

土壤浸入液制备方法如下：

采取花园土 400 克，加 1 000 毫升水，搅匀后浸泡 1 天，隔水蒸 3—4 小时，重复蒸 2—3 次。取上清液过滤，灭菌，冷藏保存。

(3) 水生硅藻 1 号(HB—D1)培养基

$NaNO_3$	120 毫克
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	70 毫克
K_2HPO_4	40 毫克
KH_2PO_4	80 毫克
$CaCl_2$	20 毫克
NaCl	10 毫克
Na_2SiO_3	100 毫克
柠檬酸铁	5 毫克
土壤浸出液	20 毫升
$MnSO_4$	2 毫克
蒸馏水加到	1 000 毫升

适用于硅藻。

六、常用浮游动物培养基

(1) 原生动物培养基　杂草 50 克，自来水 1 000 毫升，煮沸 2 小时后，放置一昼夜，过滤，以滤液作培养液。

(2) 轮虫培养基　马粪 80 克，自来水 1 000 毫升，煮沸 1 小时，冷却，过滤，用 2 升冷却的沸水稀释。

(3) 枝角类培养基　马粪 1.5 克，稻草或其他无毒植物茎叶(切碎) 2 克，花园土 20 克，加自来水或天然水 1 升，煮沸，过滤。

也可用藻类培养基先培养小球藻或其他单细胞绿藻，当其达

到一定浓度（浅绿色）后，加入轮虫或枝角类。每隔几天后需追加无机或有机肥。

七、浮游生物网的筛绢型号和网孔孔径

见表 8-1 和表 8-2，孔径在使用后会缩小。

表 8-1　国外筛绢型号和网孔孔径（单位：mm）

型　号	孔　径	型　号	孔　径
0 000	1.364	10	0.156
000	1.024	11	0.145
00	0.752	12	0.119
0	0.569	13	0.112
1	0.417	14	0.099
2	0.366	15	0.094
3	0.333	16	0.086
4	0.318	17	0.081
5	0.282	18	0.079
6	0.239	20	0.076
7	0.224	21	0.069
8	0.203	25	0.064
9	0.168		

表 8-2　国产尼龙筛绢型号和网孔孔径（单位：mm）

型　号	孔　径	型　号	孔　径
NX34	0.177	NXX40	0.128
58	0.102	43	0.112
61	0.095	46	0.104
64	0.093	49	0.098
73	0.079	52	0.081
79	0.076	64	0.073
85	0.063	70	0.061
103	0.055	76	0.053

主要参考文献

大连水产学院主编，1982。淡水生物学（上册）（分类学部分）。农业出版社。

王家楫，1961。中国淡水轮虫志。科学出版社。

王家楫、沈韫芬、龚循矩，1976。废水生物处理微型动物图志。中国建筑工业出版社。

全国主要湖泊水库富营养化调查研究课题组编，1988。湖泊富营养化调查规范。中国环境科学出版社。

沈嘉瑞等编著，1979。中国动物志，节肢动物门，甲壳纲，淡水桡足类。科学出版社。

饶钦止等编著，1956。湖泊调查基本知识。科学出版社。

胡鸿钧等编著，1980。中国淡水藻类。上海科技出版社。

蒋燮治、堵南山，1979。中国动物志，节肢动物门，甲壳纲，淡水枝角类。科学出版社。

蒋燮治、沈韫芬、龚循矩编著，1983。西藏水生无脊椎动物。科学出版社。

福迪（B. Fott）著（罗迪安译），1980。藻类学。上海科学技术出版社，475。

American Public Health Association, et al., 1985. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (16th ed.). American Public Health Association, Washinton D. C., 1268.

Downing, J. A., 1984. A Manual on Methods for the Assessment of Secondasy Productivity in Fresh Waters. Blackwell Scientific Publications.

Koste, W., 1978. Rotatoria. Vol. 2, p. 673, pl. 234. Berlin.

Kumar, H. C., H. N. Singh, 1979. A Textbook on Algae (2nd ed.). Macmillan Press Ltd., London and Basingstoke, 216.

Prescott, G. W., 1951. Algae of the Western Great Lakes Area. Cranbrook Institute of Science, Bloomfield Hills, Michigan, 938.

Pontin, R. M., 1978. A Key to British Freshwater Planktonic Rotifera. Scientific Publication.

Trainor, F. R., 1978. Introductory Phycology. John Wiley & Sons, New York, 525.

Vollenweider, R. A. (ed.), 1969. A Manual on Methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environments (IBP Handbook No. 12). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 213.

Голлербах, М. М., В. И. Полянский, 1951. Пресноводные водоросли и их изучение. Государственное Издательство "Советская Наука", Москва, 200 стр.

Голлербах, М. М., и др., 1953. Синезелённые Водоросли. Государственное Издателательство "Советская Наука", Москва, 652 стр.

Дедусенко-Щеголева, Н. Т., и др., 1959. Зелёные водоросли: Класс Вольвоксовые. Изд. АН СССР, Москва-Ленинград, 230 стр.

Дедусенко-Щеголева, Н. Т., М. М. Голлербах, 1962. Желтозелёные водоросли. Изд. АН СССР. Москва-Ленинград, 272 стр.

Зебелина, М. М., и др., 1951. Диатомовые водоросли. Госуд. Изд. "Советская Наука", Москва, 488 стр.

КпселеВ, И, А., 1954. Пирофитовые Водоросли. Госуд. Изд. "Советская Наука", Москва, 212 стр.

Матвиенко, А. М., 1954. Золотистые водоросли. Госуд. Изд "Советская Наука", Москва, 188 стр.

Паламарь - Мордвинцева, Г. М., 1982. Зелёные водоросли: Порядок Десмидиевые. "Наука" Ленинградское Отделение, Ленинград, 123 стр.

Попова, Т. Г., 1955. Эвгленовые водоросли. Госуд. Изд. "Советская Наука", Москва, 282 стр.